

**RANCANG BANGUN SENSOR PEMUAIAN PANJANG BATANG BESI
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD KAFA BILLAH KHALLATOB AL GHIFARI

NIM. 18640038



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**RANCANG BANGUN SENSOR PEMUAIAN PANJANG BATANG BESI
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.si)**

**Oleh:
AHMAD KAFA BILLAH KHALLATOB AL GHIFARI
NIM. 18640038**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN SENSOR PEMUAIAN PANJANG BATANG BESI
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Oleh:
Ahmad Kafa Billah Khallatob Al Ghifari
NIM. 18640038

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal, 25 Juni 2025

Pembimbing I



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

Pembimbing II



Naqibatun Nadliriyah, S.Si M.Si
NIP. 19920221 201903 2 020

Mengetahui,
Kepala Program Studi



[Signature], M.Si
NIP. 19740513 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SENSOR PEMUALAN PANJANG BATANG BESI
BERBASIS MIKROKONTROLER

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD KAFA BILLAH KHALLATOB AL GHIFARI
NIM. 18640038

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.si)

Penguji Utama	<u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIP. 19870215 202321 2 031	
Ketua Penguji	<u>Arista Romadoni, M.Sc</u> NIP. 19900905 201903 1 018	
Sekretaris Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	<u>Naqibatin Nadliriyah, S.Si M.Si</u> NIP. 19920221 201903 2 020	

Mengesahkan,
Kepala Program Studi



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AHMAD Kafa BILLAH KHALLATOB AL GHIFARI
NIM : 18640038
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : RANCANG BANGUN SENSOR PEMUAIAN PANJANG
BATANG BESI BERBASIS MIKROKONTROLER

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2025
Yang membuat Pernyataan



Ahmad Kafa Billah Khallatob Al Ghifari
NIM. 18640037

MOTTO

“Tetap Berusaha, Meratapi Penyesalan Tidak Akan Merubah Apapun.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah, segala puji kupanjatkan kepada Allah SWT yang pengasih dan penyayang dengan ridha-nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam senantiasa terucap kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah memberikan pertolongan berupa syafaat. Dengan penuh rasa syukur tulisan ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tuaku, yang telah mendukung, memberikan saran, motivasi sehingga membuatku mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Segenap dosen dan pembimbing, yang telah memberikan keluasan ilmu pengetahuan. Semoga menjadikan ilmu tersebut manfaat dan amal jariyah untuk dunia dan akhirat.
3. Saudara serta teman-teman yang telah membantu dan mendorong untuk segerah menyelesaikan skripsi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberi rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN SENSOR PEMUAIAN PANJANG BATANG BESI BERBASIS MIKROKONTROLER”** Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju zaman zakiyah, yakni Addinul Islam Wal Iman

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Farid Samsu Hananto, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.
5. Segenap seluruh Dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.

6. Orang tua yang selalu mendo'akan dan selalu memberi semangat untuk putranya dalam segala hal.
7. Teman-teman Angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi

Tak ada kata lain yang dapat penulis ucapkan kecuali ucapan terimakasih, semoga amal baik yang telah diberika kepada penulis senantiasa mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik serta saran sangat diharapkan untuk perbaikan kedepanya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya didunia pendidikan mengenai elektronika instrumentasi.

Malang, 25 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
المخلص	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pemuaiian	5
2.1.1 Pemuaiian Panjang	5
2.2 Sensor Load Cell	6
2.3 Arduino Uno.....	7
2.4 Arduino IDE.....	9
2.5 Termokopel	10
2.6 Intregasi Ayat Al Qur'an.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	12
3.2 Jenis Penelitian.....	12
3.3 Studi Literatur	12
3.4 Alat dan Bahan.....	12
3.1.1 Alat Penelitian.....	12
3.4.2 Bahan Penelitian.....	13
3.5 Alur Penelitian	13
3.6 Perancangan Perangkat	15
3.7 Metode Pengambilan Data	15

BAB IV	17
4.1 Pengujian dan Perancangan Alat Penelitian.....	17
4.1.1 Kalibrasi Sensor <i>Load Cell</i>	17
4.1.2 Pengujian Sensor Termokopel	19
4.1.3 Perancangan Alat Penelitian	20
4.1.4 Pengujian Rangkaian Penelitian.....	22
4.2 Hasil Pengukuran	23
4.3 Pembahasan.....	24
4.4 Integrasi Penelitian Menurut Pandangan Islam.....	27
BAB V.....	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor Load Cell	7
Gambar 2. 2 Arduino Uno.....	8
Gambar 2. 3 Program Arduino IDE	9
Gambar 2. 4 Termokopel	10
Gambar 3. 1 Rangkaian Komponen	15
Gambar 4. 1 Pengunggahan Kode Untuk Kalibrasi Sensor Load Cell	18
Gambar 4. 2 Proses Kalibrasi Sensor Load Cell	18
Gambar 4. 3 Kode Pemrograman Arduino IDE.....	21
Gambar 4. 4 Rangkaian Penelitian.....	22
Gambar 4. 5 Perubahan Suhu Terhadap Perubahan Panjang.....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Muai Panjang.....	6
Tabel 3. 1 Kalibrasi Sensor Load Cell	16
Tabel 3. 2 Kalibrasi Sensor Termokopel.....	16
Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Muai Panjang Batang Besi.....	16
Tabel 4. 1 Hasil Kalibrasi Sensor Load Cell.....	19
Tabel 4. 2 Hasil Kalibrasi Sensor Termokopel	19
Tabel 4. 3 Hasil Perubahan Suhu dan Perubahan Panjang Batang Besi	23

ABSTRAK

Al Ghifari, Ahmad Kafa Billah Khallatob. 2025. **Rancang Bangun Sensor Pemuaian Panjang Batang Besi Berbasis Mikrokontroler**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Naqibatun Nadliriyah, S.Si M.Si

Kata Kunci: Pengukuran Koefisien Muai Panjang, Perubahan Suhu, Perubahan Panjang

Sistem pengukuran koefisien muai panjang batang besi menggunakan dua sensor yaitu sensor *load cell* untuk mengukur perubahan panjangnya dan sensor termokopel untuk mengukur perubahan suhunya. Tujuan dari penelitian ini untuk memonitoring perubahan panjang batang besi yang diakibatkan oleh perubahan suhu yang digunakan. Proses pembuatan sistem monitoring ini dibagi menjadi beberapa tahapan, mulai dari perancangan hardware, pengujian sensor *load cell* dan termokopel untuk mengetahui tingkat akurasi sensor, pengambilan data perubahan panjang dan perubahan suhu batang besi, dan analisis data yang didapatkan. Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring memiliki tingkat akurasi pengukuran suhu rata-rata 99,02% dan pengukuran oleh sensor *load cell* memiliki Tingkat akurasi 98,65%.

ABSTRACT

Al Ghifari, Ahmad Kafa Billah Khallatob. 2025. Design and Construction of Microcontroller-Based Iron Bar Length Expansion Sensor. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Naqibatun Nadliriyah, S.Si M.Si

Keywords: Measurement of Linear Expansion Coefficient, Temperature Change, Length Change

The measurement system for the coefficient of linear expansion of iron rods uses two sensors, namely a load cell sensor to measure changes in length and a thermocouple sensor to measure changes in temperature. The purpose of this study is to monitor changes in the length of the iron rod caused by changes in the temperature used. The process of making this monitoring system is divided into several stages, starting from hardware design, testing load cell and thermocouple sensors to determine the level of sensor accuracy, taking data on changes in length and changes in temperature of the iron rod, and analyzing the data obtained. Based on the results of the study, the monitoring system has an average temperature measurement accuracy of 99.02% and measurements by the load cell sensor have an accuracy level of 98.65%.

الملخص

بالله خلطوب الغفاري، أ.ك. ٢٠٢٥. تصميم وبناء مستشعر توسيع طول قضيب حديدي قائم على متحكم دقيق. أطروحة. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (أ) فريد سامسو هانانتو، ماجستير في العلوم (ب) نقيبة ناضلية، ماجستير في العلوم.

الكلمات الدالة: قياس معامل التمدد الخطي، وتغير درجة الحرارة، وتغير الطول

يستخدم نظام قياس معامل التمدد الخطي لقضبان الحديد مستشعرين، وهما مستشعر خلية الحمل لقياس التغيرات في الطول ومستشعر الحرارة لقياس التغيرات في درجة الحرارة. والغرض من هذه الدراسة هو مراقبة التغيرات في طول قضيب الحديد الناتجة عن التغيرات في درجة الحرارة المستخدمة. وتنقسم عملية صنع نظام المراقبة هذا إلى عدة مراحل، بدءاً من تصميم الأجهزة، واختبار خلية الحمل ومستشعرات الحرارة لتحديد مستوى دقة المستشعر، وأخذ بيانات حول التغيرات في طول وتغيرات درجة حرارة قضيب الحديد، وتحليل البيانات التي تم الحصول عليها. وبناءً على نتائج الدراسة، يتمتع نظام المراقبة بدقة قياس درجة الحرارة المتوسطة بنسبة 99.02٪، وقياسات مستشعر خلية الحمل لها مستوى دقة 98.65٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu benda pada umumnya diketahui akan mengalami perubahan bentuk. Proses perubahan tersebut dinamakan sebagai pemuaian. Untuk faktor yang menentukan nilai dari pemuaian suatu jenis zat adalah koefisien muai panjang (α). Koefisien muai panjang menentukan bagaimana panjang/ukuran suatu obyek berubah berdasarkan perubahan suhu yang diterapkan pada obyek tersebut (Abdullah, 2016). Percobaan terdahulu yang telah dilakukan untuk menentukan nilai koefisien muai panjang adalah dengan memanaskan batang besi dengan pemanas induksi yang otomatis akan membuat adanya proses pemuaian panjang sehingga dial indikator yang berfungsi sebagai alat ukur perubahan panjang akan dapat menentukan skala perubahan panjangnya (Santoso, 2023). Dalam penelitian ini, digunakan sensor *load cell* untuk menentukan pemuaian besi.

Sensor *load cell* berfungsi sebagai transduser yang mengkonversi besaran mekanis (gaya/berat) menjadi sinyal listrik. Prinsip kerjanya didasarkan pada deformasi *strain gauge* yang tersusun dalam jembatan Wheatstone, menghasilkan tegangan proporsional terhadap beban yang diterapkan. Sensor ini mempunyai prinsip kerja dimana dapat mengkonversi nilai berat yang diberikan menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan dapat mengalami perubahan berdasarkan besarnya berat atau gaya yang diberikan oleh suatu obyek. Untuk sensor *load cell* itu sendiri terdapat komponen yang bernama *strain gauge yang* berfungsi untuk mengukur nilai sebuah tekanan (Damayanti, 2024). Ada 4 buah

strain gauge yang tersusun menjadi rangkaian jembatan *wheatstone* yang mana jika sensor *load cell* diberikan tekanan oleh suatu obyek, maka akan membuat ketidakseimbangan jembatan *wheatstone* diubah menjadi sinyal tegangan (Kusriyanto, 2016).

Ilmu fisika sangat berkaitan dengan fenomena alam, maka bisa dipastikan akan sangat berkaitan dengan Al-qur'an. Ilmu fisika juga tidak bisa lepas dari kegiatan ukur-mengukur suatu benda atau zat. Dalam islam diajarkan banyak hal tentang mengukur sesuatu seperti mengukur arah kiblat. Bahkan dijelaskan dalam Al-Qur'an pada surah Ar-Ra'd ayat 8, Allah berfirman:

اللَّهُ يَعْلَمُ مَا تَحْمِلُ كُلُّ أُنْثَىٰ وَمَا تَغِيصُ الْأَرْحَامُ وَمَا تَزْدَادُ وَكُلُّ شَيْءٍ عِنْدَهُ بِمِقْدَارٍ

Artinya: “Allah mengetahui apa yang dikandung oleh setiap perempuan dan apa yang berkurang (tidak sempurna dalam) rahim dan apa yang bertambah. Dan segala sesuatu ada ukuran di sisi-Nya.” (Q.S Ar-Ra'd/13: 8).

Ayat tersebut menunjukkan bahwa pengukuran merupakan kegiatan yang umum dilakukan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, manusia membutuhkan bantuan alat ukur untuk mengetahui nilai yang akurat pada suatu benda. Bagi Allah, segala sesuatu memiliki batasan dan waktu yang telah ditentukan sehingga bagi Allah, segala sesuatu tersebut, sudah ada nilai yang akurat.

Sensor *load cell* yang bersifat ADC (*Analog to Digital Converter*), dapat digunakan untuk mengetahui nilai koefisien muai panjang (α) dari suatu obyek terhadap perubahan suhu yang diberikan pada obyek tersebut. Nilai tegangan yang diberikan oleh sensor *load cell* yang nilainya bergantung pada perubahan berat obyek terhadap perubahan suhu yang diberikan. Karena nilai tegangan yang

dikeluarkan berbentuk digital, pembacaan hasil yang didapat akan lebih akurat dan presisi jika dibandingkan dengan hasil pembacaan oleh manusia secara manual.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana perancangan sistem pengukuran pemuaian panjang batang besi dengan sensor *load cell* berbasis arduino uno?
2. Bagaimana analisis hasil koefisien muai panjang (α) batang besi dengan bantuan pengukuran oleh sensor *load cell*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui cara merancang sistem pengukuran pemuaian panjang batang besi berbasis sensor *load cell* dan mikrokontroler arduino uno.
2. Untuk menganalisis hasil koefisien muai panjang (α) batang besi dengan bantuan pengukuran oleh sensor *load cell*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian kali ini adalah.

1. Untuk membantu menemukan nilai koefisien muai panjang (α) batang besi yang lebih akurat dan presisi.
2. Untuk membantu menambahkan metode dalam cara mengukur nilai koefisien muai panjang (α) batang besi.

1.5 Batasan

Batasan dari penelitian ini adalah

1. Sensor yang digunakan untuk mengukur perubahan panjang batang besi adalah sensor *load cell*.
2. Sensor termokopel digunakan untuk mengukur perubahan suhu yang diterapkan pada batang besi.
3. Batang besi yang digunakan berbentuk silinder, berukuran panjang 39 cm, berdiameter 1 cm.
4. Perubahan suhu yang digunakan adalah sekitar 50°-150°C.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemuaian

Setiap benda, baik itu benda padat, benda cair, atau benda gas akan mengalami pemuaian jika dipanaskan. Perubahan bentuk benda ketika mengalami pemuaian tergantung pada jenis material dan perubahan suhu yang digunakan. Ketiga jenis benda tersebut memiliki karakteristik yang berbeda ketika mengalami pemuaian. Perubahan yang dialami oleh benda yang termuai akan bisa berubah bentuknya menjadi bertambah baik dalam segi panjang, lebar, tinggi, ataupun volume (Sebayang, 2024).

2.1.1 Pemuaian Panjang

Benda padat akan mengalami perubahan panjang jika mengalami pemuaian oleh perubahan suhu atau temperature, selama perubahan suhu tidak terlalu besar. Untuk panjang awal benda sebanding dengan perubahan panjang benda. Berarti dapat dipastikan bahwa perubahan suhu sebanding dengan perubahan panjang suatu benda. Pernyataan diatas dapat dituliskan (Gianccoli, 2014):

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

Keterangan:

Δl = Perubahan panjang benda (m)

α = Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$)⁻¹

l_0 = Panjang awal benda (m)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Untuk nilai α pada benda padat memiliki nilai yang berbeda-beda bergantung pada jenis bahan yang digunakan. Nilai α pun sedikit bervariasi sesuai suhu yang digunakan (jika perubahan suhu yang digunakan tidak terlalu besar) dan dapat dilihat pada tabel 2.1 (Giancoli, 2014).

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Muai Panjang

Koefisien Muai Panjang, sekitar 20°C	
Material	Koefisien Muai Panjang, α (/°C)
Aluminium	25×10^{-6}
Kuningan	19×10^{-6}
Tembaga	17×10^{-6}
Emas	14×10^{-6}
Besi atau Baja	12×10^{-6}
Timah	29×10^{-6}
Kaca (Pyrex)	3×10^{-6}
Kaca (Biasa)	9×10^{-6}
Kuarsa	$0,4 \times 10^{-6}$
Beton dan Bata	12×10^{-6}
Marmer	$3,5 \times 10^{-6}$

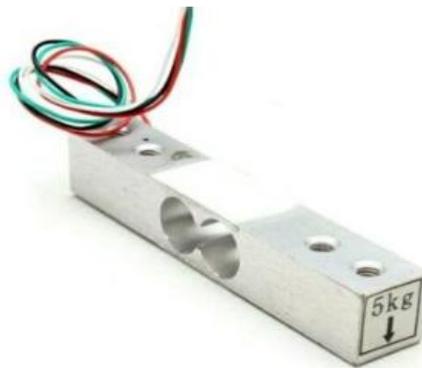
Sumber: (Giancoli, 2014)

2.2 Sensor Load Cell

Sensor *load cell* merupakan salah satu jenis sensor yang digunakan untuk mengubah tekanan atau berat yang diterima menjadi tegangan listrik. Maka dari itu sensor *load cell* disebut juga sebagai transduser yang berdefinisi sebagai komponen yang mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital atau bisa disebut sebagai ADC (*Analog to Digital Converter*). Sensor *load cell* memiliki komponen yang bernama *strain gauge* yang berfungsi sebagai pengukur besar suatu tekanan benda. Nilai tekanan benda akan mempengaruhi besar nilai tegangan listrik yang didapatkan. Dalam sebuah sensor *load cell* terdapat 4 buah komponen *strain gauge* yang disusun menjadi jembatan *wheatstone* secara seri dan parallel (Damayanti, 2024). Ketika sensor diberi tekanan, keseimbangan dari 4 buah komponen *strain gauge*

akan terganggu. Terganggunya keseimbangan tersebut akan menyebabkan adanya tegangan eksitasi pada jembatan *wheatstone* yang akhirnya akan mengubah tekanan benda menjadi tegangan listrik (Kusriyanto, 2016).

Sensor *load cell* bersifat resistif dan nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya atau tekanan yang diberikan. Nilai resistansinya akan sama pada setiap sisinya jika tidak diberi gaya atau tekanan, dan tetapi nilai resistansinya akan tidak seimbang jika diberi gaya atau tekanan. Keadaan inilah yang digunakan untuk mengukur berat suatu benda. Sensor *load cell* sangat sensitif karena terdiri dari selebar kertas tipis seperti kertas foil logam yang terbentuk menjadi benang-benang halus, sehingga mampu membaca perubahan gaya mekanik yang sangat kecil (Wibowo, 2019).



Gambar 2. 1 Sensor Load Cell

Sumber: (Wibowo et al., 2019)

2.3 Arduino Uno

Arduino uno merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega328. Mikrokontroler ini memiliki 14 digital input maupun output pin.

Pin yang ada pada Arduino uno memiliki peran masing-masing. 6 pin digunakan untuk output PWM, 6 pin untuk input analog, koneksi USB, 16 MHz osilator kristal, dan tombol reset. Arduino uno juga memiliki supply arus DC yang diambil dari adaptor, kabel USB, atau baterai (Wibowo, 2019).

Mikrokontroler ini dapat dimanfaatkan untuk membuat rangkaian elektronik yang sederhana maupun yang kompleks. Pengimplementasiannya dapat digunakan untuk mengendalikan alat-alat di rumah, pemantauan, pergerakan robot, dan system otomatis (Lubis, 2019). Arduino uno sendiri juga memiliki fitur tambahan yakni terdapat pin SDA dan SCL, dua pin baru lainnya di tempatkan pada pin RESET, IO REF dan AREF. Pada perkembangannya Arduino Uno kompetibel dengan prosesor AVR, beroperasi pada daya 5v DC dan pin yang disediakan untuk pengembang (Wibowo, 2019).



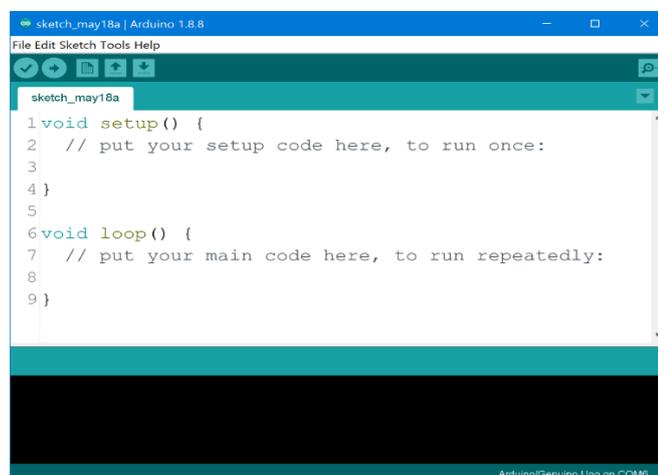
Gambar 2. 2 Arduino Uno

Sumber: (Lubis et al., 2019)

2.4 Arduino IDE

Perangkat lunak (software) adalah istilah khusus untuk data yang diformat dan disimpan secara digital, serta berbagai informasi lainnya yang bisa dibaca dan ditulis oleh computer. Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah platform yang digunakan untuk interaksi dan komunikasi dengan hardware atau modul Arduino yang meliputi Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Uno, Arduino Mikro dan masih banyak lainnya. Pada platform IDE kode utama yang berupa sketsa akan menghasilkan Hex file yang kemudian ditransfer atau diunggah di modul Arduino. Bahasa pemrograman Arduino IDE ini menggunakan bahasa C dan C++ (Fezari et al., 2018).

Sketsa kosong akan tersedia di mana kita dapat segera memulai pemrograman. Pertama, kita harus mengkonfigurasi pengaturan board dan port untuk memungkinkan kita mengunggah kode. Kemudian hubungkan papan Arduino Anda ke PC melalui kabel USB. Setelah itu, unggah kode pemrograman yang sudah disiapkan.



```
sketch_may18a | Arduino 1.8.8
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may18a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

Arduino/Genuine Uno on COM6

Gambar 2. 3 Program Arduino IDE

Sumber: (<https://www.circuitbasics.com>)

2.5 Sensor Termokopel

Sensor termokopel merupakan salah satu jenis sensor yang digunakan untuk mengukur perubahan suhu yang didapatkan menjadi tegangan listrik. Hal tersebut yang membuat termokopel juga bisa disebut transduser, yang mana transduser itu sendiri merupakan instrument yang mengubah output analog menjadi digital (Sari, 2018). Prinsip kerja termokopel didasarkan pada efek termoelektrik yang ditemukan pada tahun 1821 oleh *T. J. Seebeck* dan menamai efek tersebut dengan nama *Seebeck Effect*. *Seebeck Effect* dapat digunakan untuk mengukur perbedaan suhu yang sangat kecil dengan akurat (Majdi, 2024).

Melalui *Seebeck Effect*, jika persambungan antara dua logam dipanaskan akan menghasilkan beda potensial atau tegangan listrik. Untuk bagian utama dari termokopel terdiri dari *stick* yang terbuat dari dua buah logam yang digunakan sebagai variabel pengukur perbedaan suhu dan *jack* yang menghubungkan kabel termokopel dengan termokopel itu sendiri (Setiyoko, 2022).



Gambar 2. 4 Termokopel

Sumber: (Majdi, 2024)

2.6 Intregasi Ayat Al Qur'an

Islam mengajarkan banyak hal tentang mengukur sesuatu seperti mengukur arah kiblat. Bahkan dijelaskan dalam Al-Qur'an pada surah Ar-Ra'd ayat 8, Allah berfirman:

اللَّهُ يَعْلَمُ مَا تَحْمِلُ كُلُّ أُنْثَىٰ وَمَا تَغِيضُ الْأَرْحَامُ وَمَا تَزِدُّنَّ وَمَا تَنْقُصُ شَيْءٌ عِنْدَهُ بِمِقْدَارٍ

Artinya: “Allah mengetahui apa yang dikandung oleh setiap perempuan dan apa yang berkurang (tidak sempurna dalam) rahim dan apa yang bertambah. Dan segala sesuatu ada ukuran di sisi-Nya.” (Q.S Ar-Ra'd/13: 8).

Ada beberapa hikmah berharga dari ayat ini. Ada beberapa penjelasan dari beragam ahli tafsir terhadap kandungan surat Ar-Ra'd ayat 8, misalnya sebagaimana Allah mengetahui apa yang dikandung setiap perempuan di dalam perutnya; apakah dia laki-laki atau perempuan, apakah dia celaka atautkah bahagia. Allah juga mengetahui apa yang kurang dari Rahim, dimana janin yang dikandungnya keguguran atau dilahirkan sebelum umur Sembilan bulan, serta apa yang lebih dari masa hamilnya. Dan segala sesuatu telah ditetapkan takdirnya di sisi Allah dengan ketentuan-ketentuan baik, kurang, maupun bertambah, yang tidak akan ia lewati.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Februari 2025. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Fakultas SAINTEK, Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dibuat adalah penelitian analisis pemakaian sensor *load cell* dalam perhitungan nilai koefisien muai panjang (α) batang besi berbasis mikrokontroler. Jenis output yang diharapkan pada penelitian ini adalah informasi nilai koefisien muai panjang (α) batang besi dengan mengandalkan nilai berat yang diperoleh dari sensor *load cell* dan perubahan suhu dari sensor termokopel.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori relevan yang mendukung dalam perencanaan dan perancangan sistem. Kajian Pustaka yang di perlukan penelitian ini mengenai karakteristik sensor *load cell*, sensor termokopel, dan pemuaian panjang zat atau benda.

3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

3.1.1 Alat Penelitian

1. Arduino Uno
2. Sensor *Load Cell*
3. Kabel Jumper
4. Torch

5. Software Arduino IDE
6. LCD
7. Termokopel
8. Pir Pegas
9. Jangka sorong
10. Pembatas Batang Besi
11. Modul MAX 6675
12. Modul HX 711
13. Termometer Digital
14. Timbangan Digital
15. Adaptor 12 V
16. Step Down 5 V
17. Papan PCB

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Batang Besi (Silinder)

3.5 Alur Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada diagram di bawah

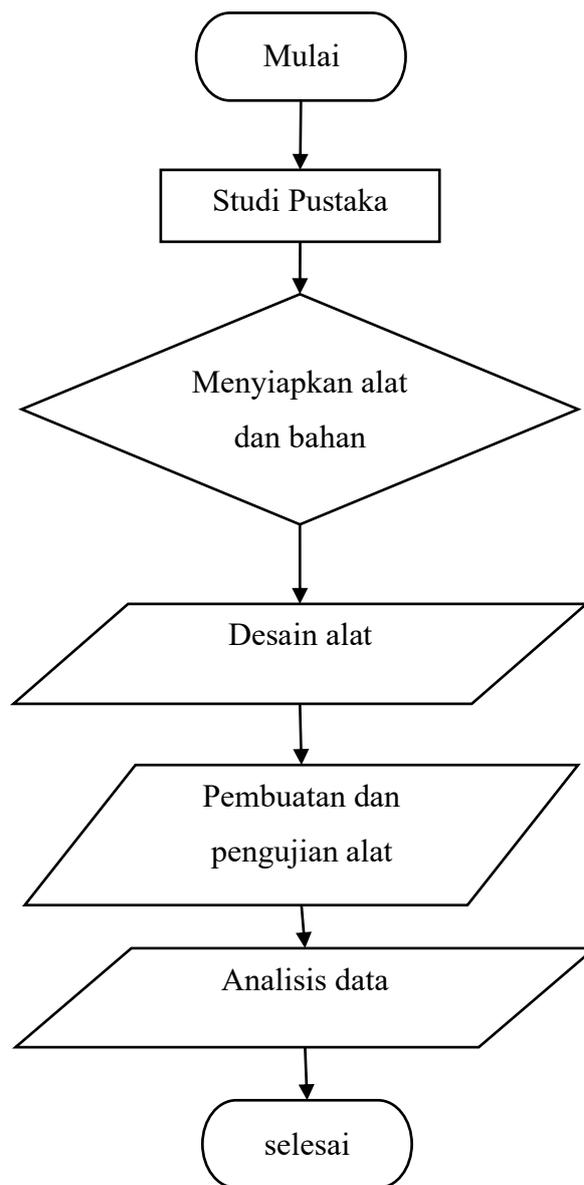
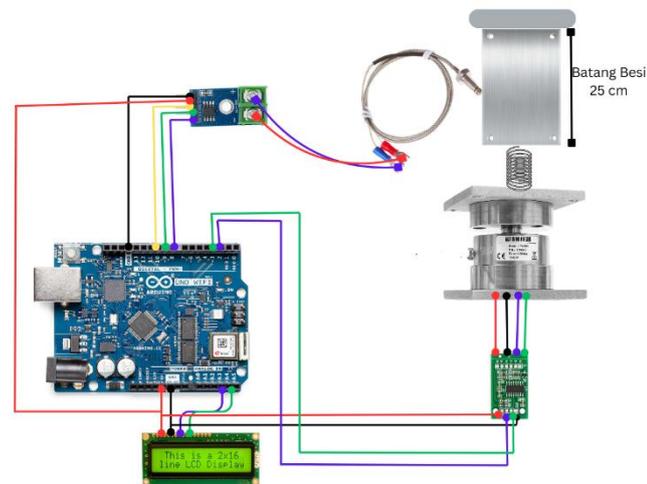


Diagram 3.1 Alur Penelitian

3.6 Perancangan Perangkat



Gambar 3. 1 Rangkaian Komponen

Arduino Uno akan dipasangkan dengan sensor *load cell* yang akan nantinya diberi batang besi. Batang besi tersebut akan dipanaskan sesuai dengan perubahan suhu yang telah ditetapkan dan perubahan suhunya akan dibaca oleh termokopel. Sensor kemudian akan mengirimkan sinyal digital ke Arduino uno yang nantinya akan terbaca berapa berat yang dihasilkan. Berat atau gaya batang besi akan mengenai pir pegas yang diletakkan di atas sensor *load cell*, sehingga akan diketahui berapa perubahan panjang batang besi dan akan diketahui nilai koefisien muai panjangnya.

3.7 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini adalah dengan menganalisis hasil kalibrasi sensor *load cell* dan sensor termokopel. Perbedaan suhu dan perbedaan panjang batang besi juga akan dianalisis yang mana akan mempengaruhi nilai koefisien muai panjang batang besi.

Tabel 3. 1 Kalibrasi Sensor Load Cell

No	Timbangan Digital (g)	Sensor Load Cell (g)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Rata-rata		

Tabel 3. 2 Kalibrasi Sensor Termokopel

No.	Termometer Digital (°C)	Sensor Termokopel (°C)	Selisih
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Rata-rata			

Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Muai Panjang Batang Besi

No.	T0 (°C)	T1 (°C)	ΔT (°C)	l0 (m)	l1 (m)	Δl (m)	α (/°C)
1							
2							
3							
4							
5							

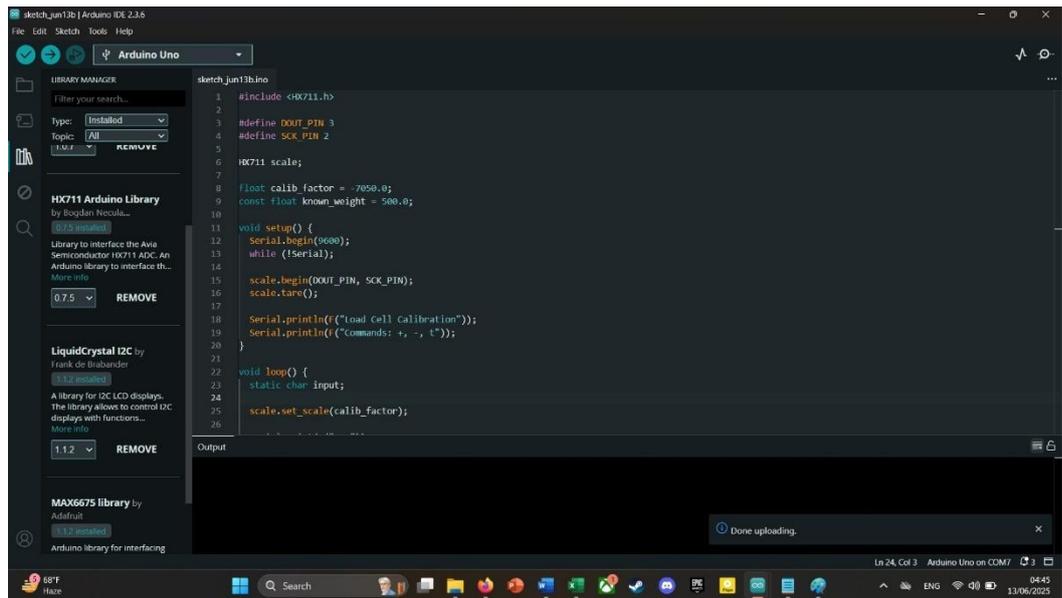
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Perancangan Alat Penelitian

4.1.1 Kalibrasi Sensor *Load Cell*

Pengkalibrasian sensor *load cell* dilakukan dengan bantuan arduino uno dan software Arduino IDE. Kode pemrograman yang bertujuan untuk mengkalibrasi sensor *load cell* seperti pada gambar 4.1, diunggah dari software Arduino IDE ke Arduino uno yang sudah terpasang dengan sensor *load cell*. Setelah selesai pengunggahan dan kode pemrograman berjalan, sensor akan diberikan beban dengan berat 20 gr. Ketika sudah diberikan beban, program akan memberikan nilai *calibration factor* yang akan digunakan sebagai rujukan untuk nilai kalibrasi sensor *load cell*. Timbangan digital juga digunakan seperti pada gambar 4.2, untuk dijadikan sebagai rujukan berat beban sebelum diletakkan di atas sensor *load cell*.



```

1 #include <HX711.h>
2
3 #define DOUT_PIN 3
4 #define SCK_PIN 2
5
6 HX711 scale;
7
8 float calib_factor = -7050.0;
9 const float known_weight = 500.0;
10
11
12 void setup() {
13   Serial.begin(9600);
14   while (!Serial);
15
16   scale.begin(DOUT_PIN, SCK_PIN);
17   scale.tare();
18
19   Serial.println("Load Cell Calibration");
20   Serial.println("Commands: +, -, t");
21 }
22
23 void loop() {
24   static char input;
25
26   scale.set_scale(calib_factor);

```

Gambar 4. 1 Pengunggahan Kode Untuk Kalibrasi Sensor Load Cell



Gambar 4. 2 Proses Kalibrasi Sensor Load Cell

Proses kalibrasi sensor *load cell* seperti pada gambar 4.2, menghasilkan nilai *calibration factor* yaitu -450 dengan selisih rata-rata 0.27 g. Kode Pemrograman ini juga terdapat fungsi untuk mengatur nilai

calibration factor sehingga dapat meningkatkan tingkat akurasi sensor. Tingkat akurasi yang didapatkan dari tabel 4.1 adalah 98,65% dan nilai error-nya adalah 1,35%. Nilai *Calibration factor* yang sudah didapatkan dapat dimasukkan ke dalam kode pemrograman rangkaian alat yang telah dipersiapkan.

Tabel 4. 1 Hasil Kalibrasi Sensor Load Cell

No	Timbangan Digital (g)	Sensor Load Cell (g)
1	20	18,5
2	20	20,8
3	20	20,2
4	20	19,8
5	20	19,9
6	20	20,3
7	20	19,2
8	20	19,3
9	20	19,6
10	20	19,7
Rata-rata		19,73

4.1.2 Pengujian Sensor Termokopel

Pengujian sensor termokopel dengan cara menghubungkan sensor dengan Arduino uno dan mengunggah kode pemrograman pada Arduino IDE. Ketika sudah dilakukan, maka nilai suhu yang terbaca oleh sensor termokopel akan dibandingkan dengan nilai suhu yang terbaca oleh termometer digital. Kemudian akan dihitung selisih kedua nilai suhu tersebut dan akan diketahui rata-rata, tingkat akurasi, dan toleransinya. Tabel 4.2 menjelaskan bahwa selisih rata-rata yang didapatkan adalah 0,71. Akurasi yang didapatkan adalah 99,02% dengan nilai error-nya 0,98%.

Tabel 4. 2 Hasil Kalibrasi Sensor Termokopel

No.	Termometer Digital (°C)	Sensor Termokopel (°C)	Selisih
1	40,1	39,9	0,2
2	40,8	40,2	0,6
3	40,9	40,3	0,6
4	41,2	40,5	0,7
5	41,6	40,8	0,8

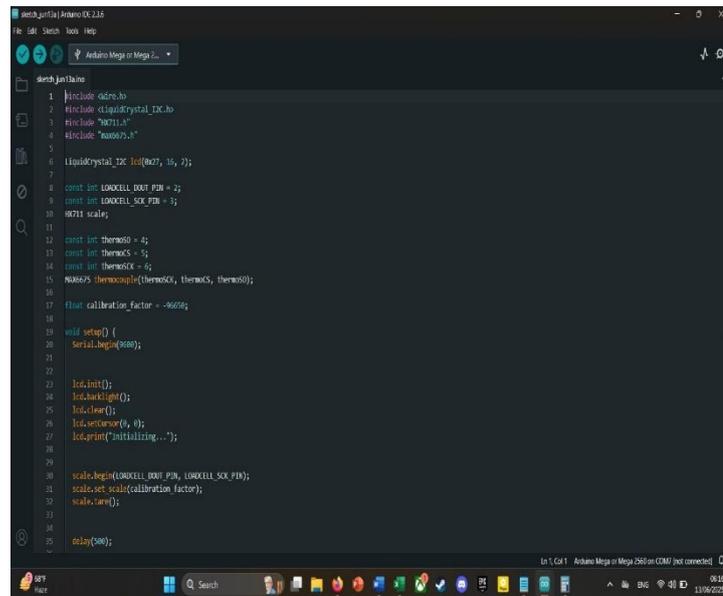
6	41,8	40,9	0,9
7	42,4	41,6	0,8
8	42,6	41,8	0,8
9	43,2	42,2	1
10	43,5	42,8	0,7
Rata-rata	41,81	41,1	0,71

4.1.3 Perancangan Alat Penelitian

Langkah pertama dalam perancangan alat penelitian adalah dengan menyiapkan alat dan bahan. Alat yang digunakan pada penelitian ini yang pertama adalah Arduino uno yang digunakan sebagai mikrokontroler dan LCD untuk mengetahui nilai suhu dan panjang yang diukur. Kemudian disiapkan sensor *load cell* dan termokopel yang sudah dikalibrasikan untuk mengukur panjang dan suhu benda. Adaptor 12 V dan power step down 5 V juga digunakan untuk membantu Arduino uno untuk mengalirkan tegangan pada pin 5 V karena Arduino uno hanya memiliki 1 pin 5 V. Bahan penelitian yang digunakan adalah batang besi berbentuk silinder yang memiliki panjang 39 cm dan berdiameter 1 cm dengan berat sebesar 20 g.

Langkah yang kedua adalah pemasangan alat penelitian. Pin Dout pada sensor *load cell* akan disambungkan pada pin 2 arduino uno dan pin SCK sensor *load cell* akan disambungkan pada pin 3 arduino uno. Pin VCC dan GND sensor *load cel* disambungkan dengan power step down 5 V yang sudah dihubungkan dengan adaptor 12 V. Kemudian untuk pin SO, pin CS, dan pin SCK pada sensor termokopel akan disambungkan dengan dengan pin 4, 5, dan 6 arduino uno secara urut. Pin VCC dan GND sensor termokopel juga akan disambungkan dengan power step down 5 V yang sudah dihubungkan dengan adaptor 12 V. LCD juga akan disambung pada

Arduino uno dengan menghubungkan pin GND, VCC, SDA, SCL yang ada pada LCD dengan pin GND, 5V, A4, A5 arduino uno secara urut.



```

sketch_jan1aino
1  #include <Arduino.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include "HT16K33.h"
4  #include "MAX31865.h"
5
6  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
7
8  const int LOADCELL_DOUT_PIN = 2;
9  const int LOADCELL_SCK_PIN = 3;
10 HT16K33 display;
11
12 const int thermS0 = 4;
13 const int thermK5 = 5;
14 const int thermK6 = 6;
15 MAX31865 thermocouple(thermK5, thermK6, thermS0);
16
17 float calibration_factor = -0.6596;
18
19 void setup() {
20   Serial.begin(9600);
21
22   lcd.init();
23   lcd.backlight();
24   lcd.clear();
25   lcd.setCursor(0, 0);
26   lcd.print("initializing...");
27
28
29   scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
30   scale.set_scale(calibration_factor);
31   scale.tare();
32
33
34
35   delay(500);

```

Gambar 4. 3 Kode Pemrograman Arduino IDE

Langkah yang ketiga adalah pengunggahan kode pemrograman dan aktivasi alat rancangan. Hal yang perlu dilakukan pertama kali adalah dengan menulis kode pemrograman seperti pada gambar 4.3 dengan memakai *software* Arduino IDE. Kode pemrograman yang sudah diperiksa oleh *software* Arduino IDE akan diunggah ke alat rancangan dengan cara menghubungkan Arduino uno yang sudah terpasang dengan semua alat ukur pada laptop. Ketika sudah selesai proses pengunggahan, LCD akan menampilkan data yang diukur oleh sensor *load cell* dan sensor termokopel. Batang besi akan diletakkan di atas sensor *load cell* dan akan dipanaskan oleh *torch*. Kemudian sensor termokopel akan disentuhkan pada batang besi yang dipanaskan untuk mengetahui suhunya.

4.1.4 Pengujian Rangkaian Penelitian

Penelitian kali ini mempunyai beberapa alat yang diujikan untuk menentukan nilai koefisien, perubahan panjang, dan perubahan suhu batang besi. Untuk menentukan nilai koefisien muai panjang besi, hal pertama yang harus dilakukan adalah dengan mengetahui perubahan panjang dan perubahan suhu batang besi. Batang besi yang berbentuk silinder dengan panjang 39 cm dipanaskan dengan torch yang mana benda padat tersebut otomatis akan mengalami pemuaian. Suhu yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sekitar 50°-150°C. Batang besi yang termuai oleh perubahan suhu, akan memberikan gaya pada pegas yang diletakkan diatas pembatas sensor load cell. Sensor termokopel juga dimanfaatkan untuk mengukur perubahan suhu dengan lebih akurat. Rangkaian penelitiannya dapat dilihat seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4. 4 Rangkaian Penelitian

Arduino uno disini dipilih sebagai mikrokontroler dengan alasan yang mana komponen tersebut sangatlah praktis untuk digunakan dan mudah didapat dan juga Arduino uno juga bisa merangkap lebih dari satu

tranduser yang mana pada penelitian kali ini adalah sensor load cell dan sensor termokopel. Kekurangan Arduino uno adalah tidak bisa menggunakan pin VCC untuk semua komponen yang akan digunakan. Maka dari itu solusi yang digunakan adalah dengan menggunakan adaptor dengan tegangan 5V.

Kode pemrograman yang sudah disiapkan dengan menggunakan 3 *library* akan diunggah dari *software* Arduino IDE ke Arduino uno. Ketika sudah selesai pengunggahan kode pemrograman, batang besi akan dipanaskan dengan *torch* yang mana perubahan suhunya akan dideteksi oleh sensor termokopel dan seiring waktu akan mengalami pemuaian panjang. Sensor *load cell* yang didorong oleh pegas akan mengakibatkan ketidakstabilan jembatan *wheatstone* yang ada di dalam sensor sehingga akan menghasilkan tegangan yang nantinya berat batang besi akan dapat diketahui dan nilai berat akan dikonversi menjadi nilai panjang.

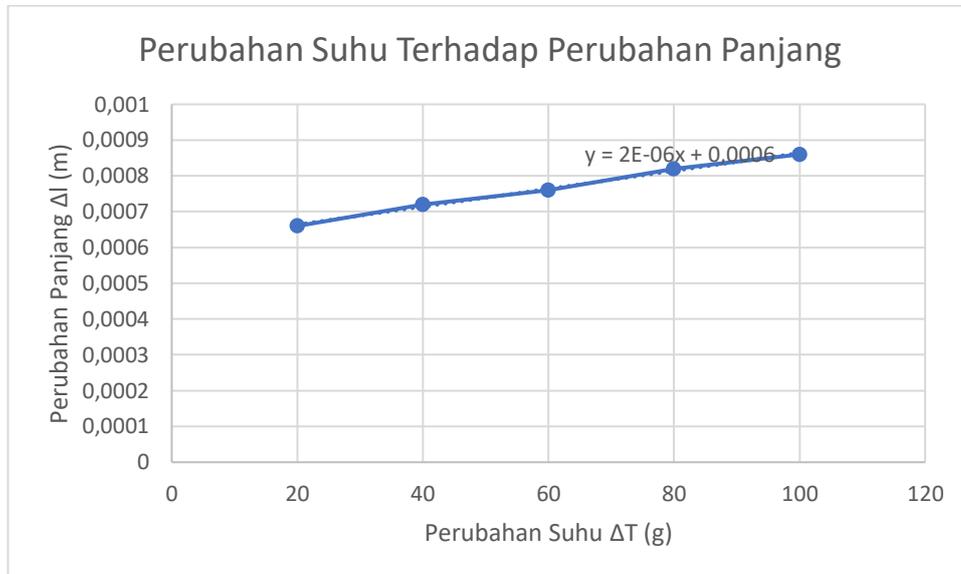
4.2 Hasil Pengukuran

Pembahasan pada penelitian ini adalah untuk menganalisis data yang diperoleh dari rangkaian penelitian dan untuk mengetahui keakuratan nilai koefisien muai panjang yang diperoleh dari melihat kenaikan nilai perubahan panjang terhadap nilai perubahan suhu batang besi. Dengan kondisi temperatur awal adalah 50 °C dengan panjang awal material uji 39 cm maka hasil variabel data pengujian nilai koefisien muai panjang disajikan pada tabel 4.1 dan 4.2 berikut;

Tabel 4. 3 Hasil Perubahan Suhu dan Perubahan Panjang Batang Besi

No.	T0 (°C)	T1 (°C)	ΔT (°C)	l0 (m)	l1 (m)	Δl (m)	α (/°C)
1	50	70	20	0,39	0,39066	0,00066	8,46E-05
2	50	90	40	0,39	0,39072	0,00072	4,62E-05

3	50	110	60	0,39	0,39076	0,00076	3,25E-05
4	50	130	80	0,39	0,39082	0,00082	2,63E-05
5	50	150	100	0,39	0,39086	0,00086	2,21E-05
Rata-rata							4,23162E-05



Gambar 4. 5 Perubahan Suhu Terhadap Perubahan Panjang

Menurut Tabel 4.1 dan Gambar 4.2, 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 dan juga 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.

4.3 Pembahasan

Mengukur koefisien muai panjang suatu benda dibutuhkan adanya perubahan panjang dan suhu benda. Benda yang dipanaskan akan mengalami perpanjangan dan bertambahnya bergantung pada jenis benda tersebut. Setiap benda

memiliki koefisien muai panjang masing-masing. Pernyataan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 yang menjelaskan bagaimana jenis benda mempengaruhi nilai koefisien muai panjang benda tersebut

Rancangan penelitian ini memanfaatkan sensor *load cell*, yang akan digunakan untuk menilai perubahan panjang benda yang dipanaskan. Rancangan penelitian ini juga menggunakan sensor termokopel untuk mendeteksi nilai suhu benda ketika belum dipanaskan sampai dipanaskannya benda menggunakan *torch*. Benda yang digunakan pada penelitian ini adalah batang besi berbentuk silinder dengan panjang 39 cm dan berdiameter 1 cm.

Penelitian ini menggunakan alat ukur yang berbeda dengan penelitian milik Hadi Santoso. Penelitian Hadi Santoso menggunakan dial indikator atau yang biasa disebut *dial gauge*. Dial indikator memiliki tiga fungsi yaitu mengukur Tingkat kerataan pada bidang datar, mengukur tingkat kerataan pada bidang miring, dan mengukur kerataan dan sisi bulat pada suatu bidang poros. Alat ukur tersebut merupakan alat ukur mekanik yang dapat digunakan untuk menilai penyimpangan yang sangat kecil dari bidang datar (Hadi, et.al., 2023).

Data yang diperoleh oleh Hadi Santoso yaitu rata-rata nilai koefisien muainya menunjukkan nilai $0,000045/^{\circ}\text{C}$. Nilai rata-rata koefisien muainya mengakibatkan terjadinya selisih yang signifikan karena referensi data nilai koefisien muai panjang besi yang digunakan sebagai bahan uji adalah $0,000012/^{\circ}\text{C}$. Maka dapat dinyatakan bahwa penggunaan dial indikator perlu dikaji Kembali sebagai alat ukur perubahan panjang muai (Hadi, et.al., 2023).

Pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan membandingkan nilai ukur sensor dengan nilai ukur timbangan digital. Dapat dilihat pada 4.1 bahwa nilai rata-

rata yang didapatkan oleh sensor *load cell* adalah 19,73 yang kemudian dihitung akurasi adalah 98,65% dan nilai error-nya adalah 1,35%. Pada pengujian sensor termokopel dilakukan dengan membandingkan nilai ukur sensor dengan thermometer digital. Nilai rata-rata untuk dua sensor tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2. Tabel 4.2 menjelaskan bahwa selisih rata-rata yang didapatkan adalah 0,71. Akurasi yang didapatkan adalah 99,02% dengan nilai error-nya 0,98%.

Hasil pengukuran yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 4.3, dapat diketahui bahwa adanya kenaikan perubahan panjang setiap diterapkannya kenaikan suhu. Kenaikan suhu berbanding lurus dengan penambahan panjang batang besi dengan suhu awal 50°C. Pada kenaikan suhu menjadi 70°C, adanya penambahan panjang 0,00066 m sehingga panjang besi menjadi 0,39066 m. Hasil pengukuran menunjukkan hubungan linear antara suhu dan penambahan panjang batang besi (Gambar 4.5). Setiap kenaikan suhu 20°C menyebabkan peningkatan panjang sebesar 0,0002–0,0008 m, dengan mengikuti persamaan regresi $y = 2 \times 10^{-6}x + 0,0006$.

Hasil nilai koefisien muai panjang batang besi dengan melihat tabel 4.3, dapat dianalisis bahwa adanya perbedaan antara nilai rata-rata koefisien muai panjang yang didapatkan ($4,23 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$) dengan nilai referensi ($12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) yang ada pada tabel 2.1. Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan kemurnian besi yang digunakan pada penelitian ini dengan besi murni yang digunakan untuk referensi pada tabel 2.1. Jenis benda sangat mempengaruhi nilai koefisien muai panjang, sehingga harus ada ketelitian dalam pemilihan bahan yang digunakan dalam penelitian.

4.4 Integrasi Penelitian Menurut Pandangan Islam

Allah menciptakan sesuatu sudah pasti memiliki ukurannya masing-masing seperti ukuran bumi dan matahari. Benda yang memiliki ukuran juga memiliki kecenderungan untuk melakukan perubahan panjang maupun bentuk. Tidak ada larangan dalam pedoman islam untuk melakukan suatu perubahan panjang atau volume selama tidak melampaui batas aturan pada pedoman islam. Pernyataan di atas dapat dikaitkan pada Al-Qur'an pada surah Ar-Ra'd ayat 8, Allah berfirman:

اللَّهُ يَعْلَمُ مَا تَحْمِلُ كُلُّ أُنْثَىٰ وَمَا تَغِيضُ الْأَرْحَامُ وَمَا تَزِدَادُ كُلُّ شَيْءٍ عِنْدَهُ ۗ

بِمِقْدَارٍ

Artinya: “Allah mengetahui apa yang dikandung oleh setiap perempuan dan apa yang berkurang (tidak sempurna dalam) rahim dan apa yang bertambah. Dan segala sesuatu ada ukuran di sisi-Nya.” (Q.S Ar-Ra'd/13: 8).

Ahmad Baiquni dalam pengembangan sains dan teknologi berbasis Al-Qur'an menyatakan dalam bukunya yang berjudul Al-Qur'an, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, bahwa: “Pengembangan sains itu justru diperintahkan oleh Allah ﷻ agar kita dapat memahami ayat-ayat Al-Qur'an lebih sempurna, sedangkan mengabaikan sains dan membiarkan terlantar merupakan perbuatan dosa karena mengabaikan perintah dan petunjuk ilahi.” Islam mengajarkan berbagai ilmu pengetahuan dimulai dari sosial, politik, budaya, bahkan sains. Semua hal-hal yang kompleks pun di bahas oleh agama islam. Islam dengan sumber rujukan alquran memuat seluruh aspek kehidupan kita. Oleh karena itu, fisika pun termasuk kedalam ruang dan lingkup bahasan alquran yang bisa dikatakan terdapat koperasi dan relevansi antara keduanya yang dapat diambil ibroh atau hikmah yang dapat menjadi pembelajaran bagi manusia.

Ayat Al Qur'an lain yang menjelaskan tentang kegiatan ukur mengukur ada pada Surah Al Furqan ayat 45, Allah berfirman:

أَلَمْ تَرَ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ الظِّلَّ وَلَوْ شَاءَ لَجَعَلَهُ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا

الشَّمْسَ عَلَيْهِ دَلِيلًا

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana Dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang dan kalau Dia menghendaki niscaya Dia menjadikan tetap bayang-bayang itu, kemudian Kami jadikan matahari sebagai petunjuk atas bayang-bayang itu.” (Q.S Al-Furqan/25:45).

Ayat tersebut menjelaskan tentang perubahan panjang suatu benda yang disebabkan oleh faktor tertentu. Pada ayat di atas, bayangan dijadikan sebagai contoh benda yang dapat memanjang maupun memendek. Hal tersebut dikarenakan sinar matahari yang mengenai suatu benda sehingga menghasilkan bayangan tersebut. Penjelasan di atas dapat diimplementasikan pada penelitian ini dengan menggunakan prinsip yang sama, yaitu muai panjang suatu benda juga bergantung pada perubahan suhu dan panjang benda tersebut.

Penelitian ini adalah salah satu bentuk upaya dalam membantu untuk membuktikan adanya perubahan panjang atau volume pada suatu benda ketika dimuaikan dan nilai akan bergantung pada perubahan suhu yang dikenakan pada benda tersebut. Rancangan penelitian ini dapat membantu pernyataan di atas dengan hasil yang lebih akurat karena memanfaatkan sensor *load cell* dan sensor termokopel untuk mengukur perbedaan panjang dan suhu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa Kesimpulan yang bisa disampaikan:

- 1) Perancangan sistem pengukuran pemuaian panjang batang besi dimulai dari pemasangan Arduino uno dengan sensor *load cell* yang digunakan untuk mengukur panjang batang besi dengan cara mengkonversi nilai berat menjadi nilai panjang besi dan sensor termokopel yang digunakan untuk mengukur suhu batang besi yang dipanaskan oleh *torch*. Batang besi akan diletakkan di atas sensor *load cell* yang kemudian akan dipanaskan dan ketika sudah mencapai suhu yang sudah ditetapkan, sensor termokopel akan didekatkan pada batang besi yang memuai sehingga akan terukur nilai suhunya. Ketika 2 variabel di atas sudah diketahui maka akan dapat diketahui nilai koefisien muai panjang batang besi.
- 2) Analisis untuk nilai koefisien muai panjang batang besi yang telah didapatkan menunjukkan hasil yang berbeda pada nilai rata-rata koefisien muai panjang yang didapatkan yaitu $4,23 \times 10^{-5} /^{\circ}\text{C}$ dibandingkan nilai koefisien muai panjang yang ada pada referensi tabel 2.1 yaitu $12 \times 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya perbedaan kemurnian besi yang digunakan pada penelitian ini dengan besi murni yang digunakan pada referensi pada tabel 2.1. Kemurniaan jenis benda sangat mempengaruhi nilai koefisien muai

panjang benda, sehingga sebelum melakukan pengukuran perlu adanya pemilihan bahan yang digunakan dalam penelitian.

5.2 Saran

Untuk saran yang dapat disampaikan untuk penelitian ini adalah:

- 1) Diharapkan untuk menggunakan alat ukur yang lebih meningkatkan keakuratan dalam membaca nilai perubahan suhu dan perubahan panjang benda sehingga hasil yang didapatkan lebih jelas.
- 2) Diharapkan untuk lebih teliti dalam pemilihan bahan penelitian sehingga nilai koefisien muai panjang yang didapatkan tidak jauh dari nilai referensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. (2016). *Fisika Dasar I*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Damayanti, E., & Saptaji, A. (2024). *Penerapan Load Cell Pada Mesin Penggoreng Kerupuk Otomatis Berbasis Arduino Uno & PLC*. *TEDC*, 18(1), 69.
- Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2018). Integrated development environment “IDE” for Arduino. *WSN applications*, 11, 1-12.
- Giancoli, Douglas C. (2014). *Fisika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kusriyanto, M., & Saputra, A. (2016). *Rancang Bangun Timbangan Digital Terintegrasi Informasi BMI Dengan Keluaran Suara Berbasis Arduino Mega 2560*. *Teknoin*, 22(4), 271.
- Lubis, Z., Saputra, L. A., Winata, H. N., Annisa, S., Muhazzir, A., Satria, B., & Wahyuni, M. S. (2019). Kontrol Mesin Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone. *Buletin Utama Teknik*, 14(3), 156.
- Majdi, L. M., Kumendong, I. M., Huwaidah I., & Aziz, M. F. A. (2024). Pemanfaatan Termokopel Sebagai Sensor Suhu Untuk Analisis Kelarutan Zat Terlarut. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 5(2), 86.
- Prayuda, Y. W. P., Fadhil, S. M., & Novianto, S. (2022). Design and Manufacture a Thermobath Measurement System as a Temperature Calibration Tool with an Arduino Uno System. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 4(1), 29.
- Santoso, H., Linory, A., Waluyo, M. B., & Rosman. A. (2023). Rancang Bangun Alat Uji Muai Panjang Material Logam Berbasis Pemanas Elektrik Dan Dial Indikator. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 10(2), 70-73.
- Sari, D. P., Evelina, Rasyad, S., Amperawan, & Muslimin, S. (2018). Kendali Suhu Air Dengan Sensor Termokopel Tipe-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis. *Jurnal Ampere*, 3(1), 129.
- Sebayang, M. D. (2024). *Fisika Dasar Fisika Panas Dan Penerapannya*. Jakarta: UKI Press.
- Setiyoko, A., & Yuliana, D. E. (2022). Kendali Suhu Minyak Goreng Pada Penggorengan Sosis Menggunakan Kontrol PID. *Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 3(1), 53.
- Wibowo, A., & Supriyono, L. A. (2019). Analisis Pemakaian Sensor Load Cell Dalam Perhitungan Berat Benda Padat Dan Cair Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Elektronika Dan Komputer*, 12(1), 1-2

LAMPIRAN

Lampiran 1

Program Kalibrasi Sensor *Load Cell*

```
#include <HX711.h>

#define DOUT_PIN 3

#define SCK_PIN 2

HX711 scale;

float calib_factor = -450.0;

const float known_weight = 20.0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  while (!Serial);

  scale.begin(DOUT_PIN, SCK_PIN);

  scale.tare();

  Serial.println(F("Load Cell Calibration"));

  Serial.println(F("Commands: +, -, t"));

}
```

```
void loop() {  
    static char input;  
  
    scale.set_scale(calib_factor);  
  
    Serial.print(F("R: "));  
    Serial.print(scale.get_units(3), 1);  
    Serial.print(F("g CF: "));  
    Serial.println(calib_factor);  
  
    if (Serial.available()) {  
        input = Serial.read();  
  
        switch(input) {  
            case '+': calib_factor += 10; break;  
            case '-': calib_factor -= 10; break;  
            case 't': scale.tare(); Serial.println(F("Tared")); break;  
        }  
    }  
  
    delay(500);  
}
```

```
void calibrate() {  
    Serial.println(F("Calibration - place known weight"));  
  
    scale.set_scale();  
  
    long reading = scale.read_average(10);  
  
    calib_factor = reading / known_weight;  
    scale.set_scale(calib_factor);  
  
    Serial.print(F("New CF: "));  
    Serial.println(calib_factor);  
}
```

Lampiran 2

Program Kalibrasi Sensor Termokopel

```
#include "max6675.h"  
  
// Define the pins for the MAX6675  
  
int thermoDO = 12; // SO  
  
int thermoCS = 10; // CS  
  
int thermoCLK = 13; // SCK  
  
// Initialize the MAX6675 library  
  
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  delay(500);  
  
  Serial.println("MAX6675 thermocouple test");  
  Serial.println("-----");  
  Serial.println("Temperature in Celsius:");  
}
```

```
void loop() {  
  
  float tempC = thermocouple.readCelsius();  
  
  Serial.print(tempC);  
  Serial.println("°C");  
  
  delay(500);  
}
```

Lampiran 3

Program Utama

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include "HX711.h"
```

```
#include "max6675.h"
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
const int LOADCELL_DOUT_PIN = 2;
```

```
const int LOADCELL_SCK_PIN = 3;
```

```
HX711 scale;
```

```
const int thermoSO = 4;
```

```
const int thermoCS = 5;
```

```
const int thermoSCK = 6;
```

```
MAX6675 thermocouple(thermoSCK, thermoCS, thermoSO);
```

```
float calibration_factor = -450;
```

```
float BERAT_PER_METER = 0.51;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
lcd.init();

lcd.backlight();

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Initializing...");

scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);

scale.set_scale(calibration_factor);

scale.tare();

delay(500);

lcd.clear();
}

void loop() {

float temperature = thermocouple.readCelsius();
```

```
float weight = scale.get_units(5);

float panjang = weight / BERAT_PER_METER;

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Temp: ");

lcd.print(temperature);

lcd.print((char)223);

lcd.print("C ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Panjang: ");

lcd.print(panjang, 1);

lcd.print(" cm ");

Serial.print("Temperature: ");

Serial.print(temperature);

Serial.print(" C, panjang: ");

Serial.print(panjang, 1);

Serial.println(" cm");

delay(1000);

}
```