

**RANCANG BANGUN SET EKSPERIMEN KALORIMETER
DIGITAL DENGAN PENGINDERA SENSOR TERMOKOPEL
DAN *LOAD CELL* BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Sains*



Oleh:
MARDIYAH NOVIYANTI
NIM. 15034067/2015

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2020

PERSETUJUAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SET EKSPERIMEN KALORIMETER
DIGITAL DENGAN PENGINDERA SENSOR TERMOKOPEL
DAN SENSOR *LOAD CELL* BERBASIS ARDUINO UNO**

Nama : Mardiyah Noviyanti
NIM : 15034067
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 196901201993032 002

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Drs. Hufri, M.Si
NIP. 19660413 199303 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Mardiyah Noviyanti
NIM : 15034067
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN SET EKSPERIMEN KALORIMETER DIGITAL DENGAN PENGINDERA SENSOR TERMOKOPEL DAN SESOR *LOAD CELL* BERBASIS ARDUINO UNO

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

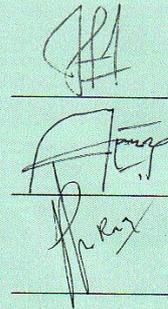
Padang, Februari 2020

Tim Penguji

Ketua : Drs. Hufri, M.Si.

Penguji 1 : Dr. H. Asrizal, M.Si.

Penguji 2 : Pakhrur Razi, M.Si. Ph.D



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno" adalah asli dari karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada perpustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Februari 2020
Yang membuat pernyataan,



Mardiyah Noviyanti
NIM: 15034067

RANCANG BANGUN SET EKSPERIMEN KALORIMETER DIGITAL DENGAN PENGINDERA SENSOR TERMOKOPEL DAN *LOAD CELL* BERBASIS ARDUINO UNO

Mardiyah Noviyanti

ABSTRAK

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kapasitas kalor, kapasitas kalor jenis dan kapasitas kalor laten. Kalorimeter terdapat pada percobaan praktikum fisika di laboratorium fisika dasar. Pada proses percobaannya, pengukuran nilai suhu dan massa masih menggunakan pengukuran manual. Kalorimeter perlu dikembangkan dalam hal pengukuran suhu dan massa menjadi pengukuran digital dengan pengindera sensor termokopel dan sensor *Load Cell* serta Arduino Uno sebagai mikrokontroler.

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian rekayasa. Penelitian ini menjelaskan spesifikasi performansi dan spesifikasi desain set eksperimen kalorimeter digital. Spesifikasi performansi menjelaskan fungsi sistem pembangun set eksperimen, sedangkan spesifikasi desain menjelaskan ketepatan dan ketelitian dari alat. Teknik pengukuran dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan terhadap suhu dan massa, sedangkan pengukuran tidak langsung dilakukan dengan menganalisis ketepatan dan ketelitian set eksperimen kalorimeter digital.

Sensor yang digunakan adalah sensor termokopel dan sensor *Load Cell*. Persentase ketepatan dari pembacaan suhu yaitu sebesar 99.38% dengan persentase kesalahan 0.62%. Pada pengukuran suhu 30⁰C didapatkan persentase ketelitian sebesar 99.57%. Pada pengukuran suhu 70⁰C didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.75%. Pada pengukuran suhu 100⁰C didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.82%. Persentase ketepatan dari pembacaan massa yaitu sebesar 99.46% dengan persentase kesalahan 0.54%. Pada pengukuran berulang massa kubus tembaga yang memiliki massa 59.6 gram didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.60%.

Kata kunci : kalorimeter, mikrokontroler, sensor termokopel, sensor *Load Cell*

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat beserta salam senantiasa penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Judul dari skripsi ini adalah “Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor *Load Cell* Berbasis Arduino Uno”.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Dengan dasar itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada peneliti, kepada :

1. Bapak Drs. Hufri, M. Si sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Asrizal, M.Si dan Bapak Pakhrur Razi, S.Pd., M.Si.,Ph.D sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si sebagai Penasehat Akademik, yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.

5. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D sebagai Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
8. Orang tua yang telah memberikan dukungan baik berupa moril maupun spiritual.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya Fisika angkatan 2015 yang telah membantu berjuang hingga akhir dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Peneliti menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk lebih baiknya skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, sebagai referensi dan sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan dan informasi.

Padang, Januari 2020

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan	5
E. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sistem Pengukuran.....	6
B. Kalorimeter	7
C. Sensor Termokopel	11
D. Sensor Load Cell.....	14
E. Mikrokontroler Arduino Uno.....	17
F. LCD (Liquid Crystal Display)	19
G. Spesifikasi Alat Ukur	22
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	24
B. Alat dan Bahan.....	24
C. Jenis Penelitian.....	24
D. Data dan Variabel Penelitian.....	25

E. Pelaksanaan Penelitian	26
F. Prosedur Penelitian.....	27
G. Teknik Pengumpulan Data.....	31
H. Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	35
B. Pembahasan.....	48
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	52
B. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kalorimeter Sederhana	7
Gambar 2. Konstruksi Termokopel.....	12
Gambar 3. Sensor Termokopel.	13
Gambar 4. Sensor <i>Load cell</i>	15
Gambar 5. Rangkaian Sederhana <i>Load cell</i>	16
Gambar 6. Modul HX711	17
Gambar 7. Board Arduino Uno	18
Gambar 8. Bentuk Fisik Dan Rangkaian Display LCD 4 x 20	20
Gambar 9. Blok Diagram Dari Sistem	28
Gambar 10. Desain Mekanis Dari Kalorimeter Digital	29
Gambar 11. Desain Perangkat Lunak.....	30
Gambar 12. Set Eksperimen Kalorimeter Digital	36
Gambar 13. Rangkaian Elektronika Pembangun Sistem	37
Gambar 14. Tampilan Parameter Set Alat Pada LCD.....	37
Gambar 15. Grafik Pengukuran Suhu Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Dan Termometer Digital.....	38
Gambar 16. Kalorimeter Sederhana	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis-Jenis Sensor Termokopel.....	14
Tabel 2. Deskripsi Arduino Uno	18
Tabel 3. Fungsi Pin Pada LCD.....	20
Tabel 4. Data Karakteristik Hubungan Suhu Dan Tegangan.....	39
Tabel 5. Ketepatan Pembacaan Suhu Pada Sensor termokopel Dengan Alat Standar	40
Tabel 6. Data Karakteristik Hubungan Massa Dan Tegangan	41
Tabel 7. Ketepatan Pembacaan Massa Kubus Tembaga.....	42
Tabel 8. Data Hasil Percobaan Menentukan Kapasitas Kalor Kalorimeter	44
Tabel 9. Data Hasil Percobaan Menentukan Kalor Jenis Tembaga	45
Tabel 10. Data Ketepatan Set Eksperimen Kalorimeter Digital	46
Tabel 11. Data Ketelitian Set Eksperimen Kalorimeter Digital.....	47
Tabel 12. Perbandingan Pengukuran Dengan Alat Dan Nilai Sebenarnya	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Ketelitian Pengukuran Suhu Secara Berulang	58
Lampiran 2. Ketelitian Pengukuran Massa Kubus Tembaga Secara Berulang	59
Lampiran 3. Program pada Arduino Uno.....	60
Lampiran 4. Data Pengukuran Suhu Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Dan Termometer Digital	63
Lampiran 5. Data Pengukuran Berulang Sistem	64
Lampiran 6. Data Percobaan Menentukan Kapasitas Kalor Kalorimeter	65
Lampiran 7. Data Percobaan Menentukan Kalor Jenis Logam (Tembaga)	66
Lampiran 8. Prosedur Eksperimen	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sekarang mengalami perkembangan yang sangat pesat, sejalan dengan kebutuhan manusia yang juga terus meningkat. Para ahli masih melakukan banyak penelitian untuk menghasilkan produk teknologi yang berguna untuk memenuhi kebutuhan manusia. Hasil tersebut banyak memberikan kemudahan dan keuntungan bagi manusia. Salah satu cabang ilmu pengetahuan yang memberikan kontribusi dalam perkembangan IPTEK adalah Fisika.

Fisika telah memberikan dasar yang kuat dalam kemajuan teknologi. Hubungan antara kemajuan fisika dan kemajuan teknologi sangatlah erat. Dalam fisika, salah satu bidang kajian yang tak kalah pesat perkembangannya adalah Elektronika dan Instrumentasi. Kemajuan dalam bidang Elektronika dan Instrumentasi membantu manusia dalam ilmu pengetahuan. Salah satu perannya adalah praktikum fisika. Teori fisika lahir dan berkembang dari zaman Einstein hingga sekarang. Melalui percobaan yang dilakukan saat praktikum di laboratorium lah teori - teori baru berkembang. Praktikum fisika di laboratorium dipandang sebagai upaya menemukan dan mengonfirmasi fakta ilmiah yang ada (Sumintono dkk, 2010). Banyak percobaan yang telah dilakukan di laboratorium tetapi pada umumnya alat ukur yang digunakan masih secara analog. Alat ukur analog membuat para praktikan kesulitan karena banyak data yang didapat kurang tepat dari teori yang dipelajari. Beberapa kesalahan yang dilakukan dalam

percobaan menyebabkan data yang didapat kurang tepat, seperti kalibrasi alat, pembacaan skala dan ketepatan dalam penggunaan alat. Salah satu alat ukur tersebut adalah Kalorimeter.

Energi mekanik yang disebabkan oleh gerakan partikel materi dan dapat dipindah dari satu tempat ke tempat lain disebut kalor. Pengukuran jumlah kalor reaksi yang diserap atau dilepaskan pada suatu reaksi kimia dengan eksperimen disebut kalorimetri. Ketika suatu zat menerima kalor maka zat tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan perubahan wujud, misalnya perubahan wujud air padat menjadi cair. Ketika suatu zat melepaskan kalor maka zat tersebut mengalami penurunan suhu dan perubahan wujud dari cair menjadi padat.

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kapasitas kalor, kapasitas kalor jenis, dan kapasitas kalor laten dari suatu benda atau bahan. Alat kalorimeter yang sering digunakan dalam percobaan di laboratorium adalah kalorimeter gelas atau kalorimeter termos. Wadah kalorimeter ini terbuat dari logam dan dilapisi oleh bahan isolator untuk mencegah hilangnya kalor dari wadah logam ke lingkungan. Prinsip kerja alat ini adalah mengukur perubahan suhu dan perkiraan kapasitas kalor, umumnya kapasitas kalor wadah dapat diabaikan karena relatif sangat kecil (Rufiati, 2011).

Percobaan kalorimeter sebenarnya mudah dilakukan, tetapi mempunyai beberapa kekurangan mengenai keakuratan data yang diperoleh. Keakuratan ini dipengaruhi oleh prosedur kalibrasi dan kehilangan panas, misalnya melalui reaktor dan suhu mengendalikan sistem. Selain itu, percobaan tersebut

membutuhkan banyak waktu. Meyer (2013) membuat serangkaian alat yang dapat menyerap energi panas bumi, dalam rangkaian alat yang dikembangkan oleh Meyer, terdapat sebuah desain baru dari kalorimeter yang digunakan dalam penelitian. Kalorimeter tersebut berupa *coffee-cup*, yaitu cangkir kalorimeter yang terbuat dari *Styrofoam*. Selanjutnya Lestari (2013) juga mengembangkan desain kalorimeter sederhana yang dipantau dengan mikroskop digital. Kalorimeter sederhana dengan memanfaatkan mikroskop digital merupakan suatu rangkaian alat kalorimeter dengan memanfaatkan mikroskop digital sebagai alat bantu dalam pembacaan suhu pada termometer yaitu dengan merekam perubahan yang terjadi pada saat pencampuran larutan untuk menentukan pembacaan suhu awal dan suhu campurannya. Pengukuran dengan metode kalorimeter ini menggunakan sensor mikroskop digital yang terhubung dengan *Portable Computer* (PC). Kalorimeter sederhana terbuat dari *Styrofoam* yang berfungsi sebagai tempat sampel yang diamati dimana terdiri dari gelas dan penutup *styrofoam*.

Masalah yang peneliti temukan di lapangan, yaitu di laboratorium Fisika Dasar FMIPA UNP yang masih menggunakan kalorimeter gelas dalam percobaan menentukan kapasitas kalor adalah alat ukur yang digunakan masih analog dalam pembacaan nilai suhu dan massa bahan. Walaupun kalorimeter gelas yang dipakai dalam percobaan mudah digunakan dan harganya terjangkau tetapi kesalahan hasil pengukuran relatif besar. Beberapa kesalahan yang sering terjadi yaitu kesalahan dalam kalibrasi alat, pembacaan skala yang kurang tepat, serta kesalahan dalam menggunakan alat.

Pentingnya memodifikasi alat kalorimeter analog menjadi kalorimeter digital agar data hasil pengukuran memiliki kesalahan yang kecil dan waktu pengambilan data juga tidak membutuhkan waktu yang lama. Dengan alat kalorimeter yang sudah ada, peneliti akan mengembangkan alat kalorimeter dengan menambahkan sensor termokopel dan sensor *load cell*. Sensor termokopel berguna untuk mendeteksi suhu bahan, sedangkan sensor *load cell* berguna untuk mengukur massa bahan. Data hasil pengukuran akan diprogram dengan menggunakan arduino uno untuk ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD).

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, maka perlu dirancang alat kalorimeter digital dengan spesifikasi desain dan performansi yang lebih baik. Oleh karena itu, peneliti mengangkat penelitian dengan judul **“Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno”**.

B. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Spesifikasi Performansi dan Spesifikasi Desain dari Sistem Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel dan Sensor *Load Cell* Berbasis Arduino Uno?”

C. Batasan Masalah

Agar penelitian menjadi lebih terarah, maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis besaran yang diukur adalah suhu dan massa dari bahan.
2. Menggunakan sensor *Load Cell* untuk mengukur massa bahan.

3. Menggunakan sensor *Thermocouple* untuk mengukur suhu bahan.
4. Menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pemrograman.
5. Menggunakan LCD untuk menampilkan data.

D. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan spesifikasi perfromansi set eksperimen kalorimeter digital menggunakan sensor termokopel dan sensor *load cell* berbasis arduino uno.
2. Menjelaskan spesifikasi desain set eksperimen kalorimeter digital menggunakan sensor termokopel dan sensor *load cell* berbasis arduino uno.

E. Manfaat

Hasil dari penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

1. Kelompok bidang kajian elektronika dan instrumentasi, untuk pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
2. Pembaca, untuk memperluas wawasan dan pengetahuan di bidang kajian elektronika dan intrumentasi.
3. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan penelitian terkait elektronika dan instrumentasi
4. Peneliti, untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian Fisika.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pengukuran

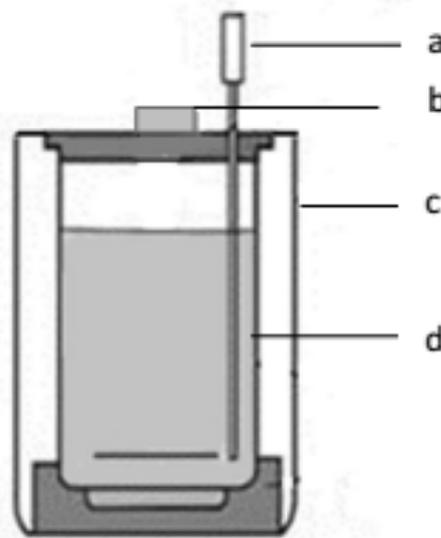
Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem merupakan kumpulan komponen apapun baik fisik yang saling berhubungan satu sama lain dan bekerja sama secara harmonis untuk mencapai satu tujuan tertentu (Istiningsih, 2009). Jadi, sistem adalah tolak ukur dari pencapaian suatu tujuan. Pengukuran didefinisikan sebagai suatu proses membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis yang dipakai sebagai satuan. Besaran merupakan sesuatu yang dapat diukur yang dinyatakan dengan angka atau nilai yang memiliki satuan. Pengukuran suatu besaran biasanya dilakukan menggunakan alat ukur. Alat ukur dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu alat ukur analog dan digital.

Alat ukur analog merupakan alat ukur yang hasil pengukurannya ditunjukkan oleh jarum pada skala meter. Alat ukur analog adalah sebuah alat yang digunakan untuk menunjukkan nilai dari besaran yang akan diukur pada sebuah skala yang kontinu (Cooper, 1991:251). Pembacaan dilakukan dengan cara melihat skala yang ditunjukkan langsung oleh alat ukur. Dalam pembacaan skala ini sering terjadi kesalahan, sehingga data pengukuran yang didapatkan kurang tepat. Alat ukur digital menggunakan jumlah digit tertentu untuk menampilkan hasil pengukuran. Alat ukur digital adalah sebuah alat yang hasil pengukurannya diperlihatkan dalam bentuk angka atau sebagai pengganti defleksi jarum penunjuk pada alat ukur analog. (Cooper, 1991:251) Pemakaian sistem digital ini telah

banyak menggantikan sistem analog karena hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital lebih mudah dan lebih akurat. Pembacaan alat ukur digital biasanya menggunakan *display seven segment*, LCD atau dihubungkan ke komputer.

B. Kalorimeter

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kapasitas kalor, kalor jenis, dan kapasitas kalor laten dari suatu benda atau bahan. Alat kalorimeter yang sering digunakan dalam percobaan di laboratorium adalah kalorimeter gelas atau kalorimeter sederhana. Wadah kalorimeter ini terbuat dari logam dan dilapisi oleh bahan isolator untuk mencegah hilangnya kalor dari wadah logam ke lingkungan. Kalorimeter sederhana dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kalorimeter Sederhana

Keterangan:

a= pengaduk

b= penutup wadah

c= wadah penyekat terbuat dari bahan plastik

d= wadah logam

1. Kapasitas Kalor Kalorimeter

Kalor adalah energi mekanik akibat gerakan partikel materi dan dapat dipindah dari satu tempat ke tempat lain. Pengukuran jumlah kalor reaksi yang diserap atau dilepaskan pada suatu reaksi kimia dengan eksperimen disebut kalorimetri. Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalori) yang dibebaskan adalah kalorimeter. Dengan menggunakan hukum Hess, kalor reaksi suatu reaksi kimia dapat ditentukan berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan standar, energi ikatan dan secara eksperimen. Proses dalam kalorimeter berlangsung secara adiabatik, yaitu tidak ada energi yang lepas atau masuk dari luar ke dalam kalorimeter. Kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan suhu kalorimeter sebesar 1°C disebut kapasitas kalor kalorimeter yang memenuhi persamaan:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1)$$

Satuannya adalah joule $^{\circ}\text{C}$ (dalam SI) atau Kalori $^{\circ}\text{C}$ (dalam CGS)

Cara mendapatkan nilai kapasitas kalor kalorimeter adalah dengan pemisalan sebuah kalorimeter terisi m_1 gram air dingin pada suhu T_1 $^{\circ}\text{C}$. lalu ditambahkan m_2 gram air panas dengan suhu T_2 $^{\circ}\text{C}$ ke dalam kalorimeter tersebut. Setelah diaduk dan dianggap setimbang ternyata suhu akhirnya adalah T_a $^{\circ}\text{C}$. Untuk keadaan ini berlaku Azas Black:

Banyaknya kalor yang dilepaskan air panas = banyak kalor yang diterima air dingin dan kalorimeter

$$Q_{\text{air panas}} = Q_{\text{air dingin}} + Q_{\text{kalorimeter}}$$

$$m_2 c_a (T_2 - T_a) = m_1 c_a (T_a - T_1) + C(T_a - T_1)$$

Sehingga besarnya kapasitas kalor kalorimeter adalah:

$$C = \frac{m_2 c_a (T_2 - T_a) - m_1 c_a (T_a - T_1)}{(T_a - T_1)} \quad (2)$$

Keterangan:

m_1 = massa air dingin (kg)

m_2 = massa air panas (kg)

c_a = kalor jenis air ($J/kg^\circ C$)

C = kapasitas kalor kalorimeter ($J/^\circ C$)

T_1 = suhu air dingin ($^\circ C$)

T_2 = suhu air panas ($^\circ C$)

T_a = suhu campuran ($^\circ C$)

2. Kalor Jenis

Hubungan kuantitatif antara kalor dan bentuk lain energi disebut termodinamika. Termodinamika dapat didefinisikan sebagai cabang kimia yang menangani hubungan kalor, kerja, dan bentuk lain dari energi dengan kesetimbangan dalam reaksi kimia dan dalam perubahan keadaan (Sukardjo, 2004).

Hukum pertama termodinamika disebut juga hukum kekekalan energi. Isi hukum tersebut ialah energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, dengan kata lain bila suatu energi hilang akan timbul energi dalam bentuk lain, yang jumlahnya sama. Hukum kedua termodinamika berisi tentang proses – proses reversibel, selalu berjalan sangat lama. Ini berarti bahwa proses – proses yang terjadi pada waktu yang pendek, berupa proses ireversibel dan tentu saja diikuti

dengan kenaikan entropi dari sistemnya sendiri atau sistem dan sekitarnya. Hukum ketiga termodinamika menyatakan bahwa entropi dari Kristal sempurna murni pada suhu nol mutlak ialah nol. Kristal sempurna murni pada suhu nol mutlak menunjukkan keteraturan tertinggi yang dimungkinkan dalam sistem termodinamika. Jika suhu ditingkatkan sedikit diatas 0°K , entropi juga akan meningkat. Entropi mutlak selalu mempunyai nilai positif (Sukardjo, 2004).

Kalor jenis suatu benda adalah kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan untuk menaikkan atau menurunkan suhu tiap satuan massa benda tersebut sebesar 1°C yang memenuhi persamaan:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (3)$$

Cara mendapatkan nilai kalor jenis suatu materi adalah dengan pemisalan sebuah kalorimeter terisi m_1 gram air dingin pada suhu T_1 $^{\circ}\text{C}$. Lalu dimasukkan sebuah logam yang sudah dipanaskan dengan massa m_2 gram dan suhu T_2 $^{\circ}\text{C}$ ke dalam kalorimeter tersebut. Setelah diaduk dan setimbang ternyata suhu akhirnya adalah T_a $^{\circ}\text{C}$. Untuk keadaan ini berlaku Azas Black.

Banyaknya kalor yang dilepaskan logam = banyak kalor yang diterima air dingin dan kalorimeter

$$Q_{\text{logam}} = Q_{\text{air dingin}} + Q_{\text{kalorimeter}}$$

$$m_2c(T_2 - T_a) = m_1c_a(T_a - T_1) + C(T_a - T_1)$$

Sehingga besarnya kalor jenis logam adalah:

$$c = \frac{m_1c_a(T_a - T_1) + C(T_a - T_1)}{m_2(T_2 - T_a)} \quad (4)$$

Keterangan:

m_1 = massa air dingin (kg)

m_2 = massa benda (logam) (kg)

c_a = kalor jenis air ($J/kg^{\circ}C$)

c = kalor jenis benda (logam) ($J/kg^{\circ}C$)

C = kapasitas kalor kalorimeter ($J/^{\circ}C$)

T_1 = suhu air dingin ($^{\circ}C$)

T_2 = suhu benda (logam) ($^{\circ}C$)

T_a = suhu campuran ($^{\circ}C$)

C. Sensor Termokopel

Menurut Yulkifli (2013), sensor merupakan sebuah perangkat yang menerima stimulus dan merespon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus yaitu sebuah nilai *property* atau kondisi yang dirasakan dan diubah ke dalam sinyal listrik. Perkembangan sensor saat ini berkembang dengan pesat. Banyak macam sensor yang telah ditemukan dengan karakteristik yang berbeda-beda, diantaranya adalah sensor termokopel.

Termokopel merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam (Wendri, dkk, 2012). Sama halnya dengan sensor pada umumnya yang dapat digunakan sebagai masukan pada sebuah sistem kendali, sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai masukan analog pada sebuah sistem kendali (Sari, dkk, 2018).

Menurut Suprianto (2015), termokopel adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek *Thermoelectric*. Efek *Thermoelectric* ditemukan oleh fisikawan Estonia bernama Thomas Johan Seeback pada tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara kedua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan efek *Seeback*.

Pada dasarnya prinsip kerja termokopel cukup mudah dan sederhana. Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Pada gambar 2 berikut menampilkan gambar konstruksi dari termokopel.



Gambar 2. Konstruksi Termokopel.

Berdasarkan gambar diatas, ketika dua persimpangan atau *junction* memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua

persimpangan tersebut adalah nol atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Sedangkan untuk termokopel tipe K tegangan yang ditimbulkan sebesar $41 \mu\text{V}$ tiap $^{\circ}\text{C}$. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan kedalam derajat Celcius agar menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti.

Termokopel tersedia dalam berbagai macam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional.



Gambar 3. Sensor Termokopel.
(Kristanto, 2013)

Tabel 1. Jenis-Jenis Sensor Termokopel

Tipe	Bahan (+)	Bahan (-)	Rentang suhu
E	Nikel kromium	Konstantan	(-200-900) ^o C
J	Besi	Konstantan	(0-750) ^o C
K	Nikel kromium	Nikel aluminium	(-200-1250) ^o C
N	Nicrosil	Nisil	(0-1250) ^o C
T	Tembaga	Konstantan	(-200-350) ^o C
U	Tembaga	Tembaga-nikel	(0-1450) ^o C

D. Sensor *Load Cell*

Load cell banyak digunakan dalam industri yang memerlukan peralatan untuk mengukur massa. Secara umum, *load cell* dan sensor gaya berisi pegas logam mekanik dengan mengaplikasikan beberapa keping *strain gauges*, misalnya keping dari bahan *piezoelectric*. Sinyal listrik yang dihasilkan oleh *load cell* berkorelasi dengan gaya yang diterima oleh pegas mekanik muncul sebagai pengaruh dari pembebanan yang ditransmisikan pada *strain gauge*. Sinyal yang dihasilkan dari *load cell* adalah dari perubahan resistansi *strain gauge* yang linear dengan gaya yang diaplikasikan (Rukmana, 2014). Beberapa tipe *load cell*:

- *Double bending beam*
- *Shear beam*
- *Column*
- *Membrane*
- *Ring torsion*
- *Bending ring*
- *Double shear beam*
- *Multiple shear beam*

Load cell dalam aplikasi digunakan untuk penskalaan, menimbang berat Truk, mengukur tekanan, dll. Design dari *Load cell* bisa dibedakan menurut jenis output sinyal yang dihasilkan (*Pneumatic, Hydraulic, Electric*) atau menurut cara mereka mendeteksi berat (*Bending, Shear, Compression, Tension*) (Handajadi dan Sholeh, 2009). Sensor *Load Cell* harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan *non zero calibration* pada tegangan, dimana tegangan keluaran tidak menunjukkan angka nol ketika belum diberi beban (Woweni, 2011).

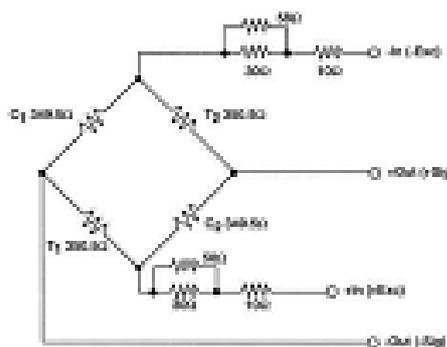
Sensor *Load cell* adalah transduser yang mampu mengkonversikan berat atau gaya menjadi sinyal elektrik melalui perubahan resistansi yang terjadi pada *strain gauge*. *Load cell* biasanya terdiri dari empat susun *strain*. Sensor ini memiliki nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterima dan bersifat resistif. Jika *load cell* tidak ada beban, besar resistansi pada tiap sisi jembatan *wheatstone* bernilai sama, tetapi ketika *load cell* terdapat beban maka nilai resistansi pada tiap sisi jembatan *wheatstone* menjadi tidak seimbang. Proses inilah yang dimanfaatkan untuk mengukur berat pada suatu benda.



Gambar 4. Sensor *Load cell*
(Mashuri, 2013).

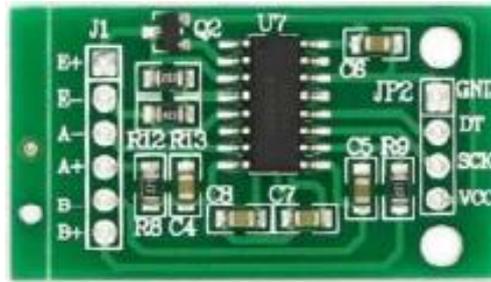
Strain gauge adalah sensor yang mengukur berbagai tahanan yang diterima. *Strain gauge* merubah kekuatan tekanan ke tegangan, berat menjadi elektrik, yang

nantinya dapat terukur. Sebuah *load cell* sangat sensitif terhadap perubahan gaya mekanik seperti tekanan. Sensor ini terdiri dari selembar kertas foil logam tipis yang dibentuk sedemikian rupa menjadi benang-benang yang sangat halus dan kertas foil ini terbungkus seluruhnya oleh plastic. Prinsip kerja sensor *load cell* yaitu, ketika sisi *strain gauge* mendapat tekanan beban, maka sisi lainnya akan mengalami perubahan gaya regangan an menarik kertas foil. Hal ini terjadi karena diakibatkan oleh perubahan gaya resistansi yang diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada (Mashuri, 2013).



Gambar 5. Rangkaian Sederhana *Load cell*
(Mashuri, 2013)

Pada penggunaannya sensor *load cell* harus menggunakan modul HX711. Modul HX711 merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai pengkonversi sinyal analog menjadi digital (ADC) dengan prinsip kerjanya yaitu mengkonversi tegangan yang terukur dalam perubahan resistansi ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian dalam modul tersebut. Modul HX711 tersusun dari komponen-komponen seperti resistor, kapasitor, transistor dan IC HX711 sebagai regulator, penguat, serta osilator yang akan menghasilkan keluaran dalam bentuk digital (Suhendra dan Wahyu, 2015). Modul HX711 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Modul HX711
(Suhendra dan Wahyu, 2015)

E. Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler adalah suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram. Menurut Yohandri (2013) mikrokontroler telah dilengkapi dengan peripheral pendukung sehingga membentuk suatu komputer lengkap dalam level chip, secara sederhana mikrokontroler adalah sebuah IC yang terdiri dari RAM, ROM, parallel I/O, counter, dan clock circuit.

Menurut Agfianto Eka Putra (2002, 1), mikrokontroler adalah suatu IC dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari:

1. CPU (*Central Processing Unit*)
2. RAM (*Random Access Memory*)
3. EEPROM/EPROM/PROM/ROM
4. I/O, *Serial & Parallel*
5. *Timer*
6. *Interrupt controller*

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega328 seperti pada Gambar 7. Mikrokontroler

adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya sudah terdapat CPU, Read Only Memory (ROM), Random Access Memory (RAM), Input-Output, timer, interrupt, Clock, dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dalam satu chip yang siap dipakai (Heri dkk, 2013). Arduino memiliki kelebihan diantaranya telah dilengkapi *bootloader* sehingga tidak memerlukan *chip programmer*, pemogramannya relatif mudah karena memiliki banyak *library* yang mudah diakses serta modul yang siap pakai (Dasriyani, 2014)

Mikrokontroler ATmega328 terdiri dari 14 pin input dan output digital yang bisa digunakan sebagai output PWM sebanyak 6 buah pin dan pin input analog sebanyak 6 buah dan beberapa perangkat lainnya. Penggunaan mikrokontroler ini dapat dihubungkan langsung dengan komputer menggunakan kabel USB tanpa ada perangkat tambahan lainnya (Helmi, dkk, 2013). Gambar 7 di bawah merupakan board Arduino Uno.



Gambar 7. Board Arduino Uno
(Iqbal, 2017)

Lebih lanjut mengenai deskripsi Arduino Uno ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Masukan yang	7-12 V

Mikrokontroler	Atmega328
direkomendasikan	
Batas Tegangan Masukan	6-20 V
I/O	14 Pin (6 untuk PWM)
Arus	50 Ma
Memori	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 MHz

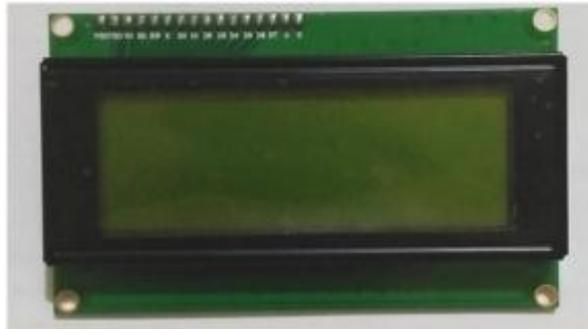
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa sebuah Arduino Uno sudah terintegrasi dengan sebuah mikrokontroler ATmega328 dengan tegangan operasi sebesar 5 volt dan penyimpanan memory sebesar 32 KB. Hal ini memungkinkan Arduino Uno328 memiliki performa yang cukup baik dalam menjalankan eksekusi program yang sudah dirancang (Yulkifli, dkk, 2014). Arduino ini memiliki 14 Pin yang terbagi atas 6 Pin sinyal analog dan 8 Pin sinyal digital.

F. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain hemat energi, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah dan mampu menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan (Rinanthy, 2016). LCD yang tersedia saat ini terdiri atas LCD grafik dan LCD teks. LCD grafik mampu menampilkan data dalam bentuk *image*, sedangkan LCD teks akan menampilkan karakter. LCD teks

yang umum digunakan adalah 2X16 (2 baris X 16 karakter), 2X20 dan 4X20.

Bentuk fisik LCD diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk Fisik Dan Rangkaian Display LCD 4 x 20
(Didin, 2006)

Gambar 8 merupakan bentuk fisik dan rangkaian LCD, dari Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa kaki 1 pada LCD dihubungkan ke ground, kaki 2 dihubungkan ke Vcc, 3 dan 5 dihubungkan ke potensiometer setelah itu dihubungkan ke Vcc, kaki 4, 6, 11, 12, 13, 14 dihubungkan ke mikrokontroler.

Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi untuk akses proses internal, instruksi untuk menulis data, instruksi untuk membaca kondisi sibuk dan instruksi untuk membaca data. Gabungan instruksi dasar inilah yang bisa dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD. Ketika sistem mulai diaktifkan mikrokontroler akan melakukan inisialisasi. Selama inisialisasi ini akan ditampilkan pesan-pesan yang berhubungan dengan proses tersebut. LCD menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu *user* mengaktifkan menu utama. Tabel 3 berikut ini menunjukkan fungsi pin pada LCD.

Tabel 3. Fungsi Pin Pada LCD

No.	Simbol	Level	Keterangan
1	Vss	-	Dihubungkan ke 0 V (Ground)

No.	Simbol	Level	Keterangan
2	Vcc	-	Dihubungkan dengan tegangan supply +5V dengan toleransi $\pm 10\%$
3	Vee	-	Digunakan untuk mengatur tingkat kontras LCD
4	RS	H/L	Bernilai logika '0' untuk input instruksi dan bernilai logika '1' untuk input data.
5	R/W	H/L	Bernilai logika '0' untuk proses 'write' dan bernilai logika '1' untuk proses 'read'.
6	E	H	Merupakan sinyal enable. Sinyal ini akan aktif pada falling edge dari logika '1' ke logika '0'.
7	DB0	H/L	Pin data D0
8	DB1	H/L	Pin data D1
9	DB2	H/L	Pin data D2
10	DB3	H/L	Pin data D3
11	DB4	H/L	Pin data D4
12	DB5	H/L	Pin data D5
13	DB6	H/L	Pin data D6
14	DB7	H/L	Pin data D7
15	V+BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4 – 4,2 V dengan arus 50 – 200 Ma
16	V-BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground

Sumber : Didin (2006)

LCD memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD berfungsi untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada *display* dan CMOS LCD *drive* sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi *display* dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh MPU. Hal ini membuat LCD berguna untuk *range* yang

luas dari terminal *display* unit untuk mikrokomputer dan *display unit measuring gages* (Didin, 2006).

G. Spesifikasi Alat Ukur

Sistem pengukuran dirancang untuk memenuhi spesifikasi tertentu. Spesifikasi merupakan pendeskripsian secara mendetail tentang produk hasil penelitian. Menurut (Ilham, 2010:1) “Spesifikasi adalah ukuran (metrik) dan nilai dari ukuran tersebut (nilai metrik)”. Secara umum spesifikasi digolongkan atas dua tipe yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain.

1. Spesifikasi Performansi

Spesifikasi performansi merupakan suatu uraian rinci mengenai material-material atau komponen-komponen pembentuk sistem serta mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem tersebut. Menurut Ulrich (2001) “performansi dapat juga diartikan sebagai kesesuaian produk dengan fungsi utama dari produk itu sendiri”. Spesifikasi performansi biasa disebut juga dengan spesifikasi fungsional. Spesifikasi performansi diukur dari kualitas dan kuantitas pembentuk sistem, sehingga suatu sistem dapat bekerja akurat dan dapat memberikan kemudahan dalam penggunaannya (Fuad dkk, 2013).

Spesifikasi performansi suatu sistem dapat diketahui dengan melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap sistem tersebut. Pengamatan dilakukan terhadap sistem secara keseluruhan, misalnya memotret komponen-komponen yang digunakan, mengukur panjang dan lebar alat untuk mengetahui dimensi sistem, atau mengukur besar input yang diberikan oleh sistem. Sehingga dengan demikian dapat dijelaskan secara rinci spesifikasi performansi dari sistem.

2. Spesifikasi Desain

Spesifikasi desain sering juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi produk adalah metrik dan nilai metrik yang harus dicapai oleh sebuah produk dan bukan bagaimana produk harus bekerja (Ilham, 20010:1). Spesifikasi desain 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 suatu sistem meliputi akurasi, presisi, resolusi, dan sensitivitas.

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 (Fraden, 2003).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Hasil spesifikasi performansi dari set alat eksperimen kalorimeter digital terdiri dari sensor termokopel, sensor *Load Cell*, modul pengolah sinyal sensor, Arduino Uno, tombol reset dan LCD untuk menampilkan data suhu dan massa. Komponen-komponen tersebut dirangkai sedemikian rupa dan diletakkan di dalam sebuah kotak rangkaian yang sekaligus menjadi penyangga sensor *Load Cell*.
2. Hasil spesifikasi desain set alat eksperimen kalorimeter digital adalah sebagai berikut:
 - a. Ketepatan pembacaan suhu dan massa yang terbaca pada LCD dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu termometer digital dan timbangan digital. Persentase ketepatan dari pembacaan suhu yaitu sebesar 99.38% dengan persentase kesalahan 0.62%. persentase ketepatan dari pembacaan massa yaitu sebesar 99.46% dengan persentase kesalahan 0.54%.
 - b. Ketelitian pembacaan suhu dan massa didapatkan melalui percobaan berulang sebanyak 10 kali. Pada pengukuran suhu 30⁰C didapatkan persentase ketelitian sebesar 99.57%. Pada pengukuran suhu 70⁰C didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.75%. Pada pengukuran suhu 100⁰C didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.82%. Pada

pengukuran berulang massa kubus tembaga yang memiliki massa 59.6 gram didapatkan persentase ketelitian pengukuran sebesar 99.60%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran untuk tindak lanjut dan pengembangan penelitian ini, sebagai berikut:

1. Set alat eksperimen kalorimeter digital dapat dimanfaatkan sebagai sarana penunjang di laboratorium Fisika, khususnya laboratorium Fisika Dasar dalam melakukan praktikum.
2. Set alat eksperimen dapat ditambahkan keypad yang berguna untuk memasukkan data suhu dan massa yang diperlukan untuk perhitungan nilai kapasitas kalor dan kalor jenis agar bisa langsung diprogram dan ditampilkan pada LCD.
3. Pada kotak rangkaian dapat ditambahkan tombol saklar untuk mempermudah menghubungkan dan memutuskan arus listrik tanpa mencabut adaptor dari sumber listrik.