



UWHS

**RANCANG BANGUN
ALAT KALIBRASI INKUBATOR LABORATORIUM**

KARYA TULIS ILMIAH

**Disusun Oleh :
ILHAM RAMADHAN
2104026**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI ELEKTRO MEDIS
PROGRAM DIPLOMA TIGA
UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG
2024**



PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : RANCANG BANGUN ALAT KALIBRASI INKUBATOR
LABORATORIUM

NAMA : ILHAM RAMADHAN

NIM 2104026

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenar-benarnya bahwa karya tulis ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa karya tulis ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Ahli Madya Teknologi Elektro Medis saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.”

Semarang, 13 September 2024

Penulis

ILHAM RAMADHAN

2104026



PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : RANCANG BANGUN ALAT KALIBRASI INKUBATOR
LABORATORIUM

NAMA : ILHAM RAMADHAN

NIM 2104026

Karya tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan penguji ujian Akhir pada Program Studi Teknologi Elektromedis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Basuki Rahmat, S.T.,M.T
NUPTK. 885475365413008882



PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : RANCANG BANGUN ALAT KALIBRASI INKUBATOR
LABORATORIUM

NAMA : ILHAM RAMADHAN

NIM : 2104026

Karya tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan penguji ujian Akhir pada Program Studi Teknologi Elektromedis Progam Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang.

Dewan Penguji,

Ketua Penguji

Anggota Penguji

Agung Satrio Nugroho, S.T., M.ENG
NIDN. 0619058101

Agus Suprivanto, S.T.
NUPN. 9906977970

Ka. Program Studi Teknologi Elektro Medis
Program Diploma Tiga

Basuki Rahmat, S.T., M.T
NUPTK. 885475365413008882

ABSTRAK

Inkubator laboratorium adalah alat laboratorium mikrobiologi yang dapat mengoptimalkan suhu dan kelembaban agar organisme sel seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun multiseluler di laboratorium. Inkubator laboratorium digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme pada kondisi tertentu. Inkubator ini dilengkapi dengan pengaturan suhu dan pengaturan waktu. Sehingga dapat memudahkan user untuk mensetting suhu sesuai dengan yang dibutuhkan. Suhu inkubator yang sering digunakan di rumah sakit yaitu berkisaran dari 30 °C – 40 °C.

Pada penelitian ini dibangun sebuah kalibrasi alat inkubator laboratorium dengan metode kalibrasi menggunakan sensor thermocouple tipe K pada 9 titik dengan menggunakan mikrokontroler arduino mega, untuk tampilan suhu yang terukur menggunakan LCD 20 x 4 dan hasil pembacaan suhu akan direcord dan disimpan di microSD.

“Rancang Bangun Alat Kalibrasi Inkubator Laboratorium” yang penulis rancang dibandingkan dengan alat standar thermometer 12 channel dengan menggunakan media atau alat UUT (inkubator laboratorium). Nilai yang digunakan untuk perbandingan yaitu 3 data setingan, yaitu suhu pada titik 36 °C, 37 °C, 38 °C, 28 °C, dan 50 °C didapatkan nilai akurasi suhu sebesar 99,8 %, 99,6 %, 98,1 %, 99,3 %, dan 99,6%. Berdasarkan pengukuran keseluruhan suhu didapatkan keakurasian sebesar 99,3%.

Kata Kunci : Kalibrasi, Inkubator Laboratorium, Sensor Thermocouple Type K, Suhu, Arduino Mega, MicroSD

ABSTRACK

A laboratory incubator is a microbiology laboratory tool that can optimize temperature and humidity so that cell organisms such as bacteria can reproduce well. Therefore, this tool is often used to cultivate unicellular and multicellular bacteria or organisms in the laboratory. Laboratory incubators are used to incubate microorganisms under certain conditions. This incubator is equipped with temperature and time settings. So it can make it easier for users to set the temperature according to what is needed. The incubator temperature often used in hospitals ranges from 30 °C – 40 °C.

In this research, a laboratory incubator calibration tool was built with a calibration method using a type K thermocouple sensor at 9 points using an Arduino Mega microcontroller, to display the measured temperature using a 20 x 4 LCD and the temperature reading results will be recorded and stored on a microSD.

“Design and Construction of a Incubator Laboratory Calibration Tool” design by the author is compared to a standard 12 channel thermometer tool using UUT (incubator laboratory) media or tools. The values used for comparison are 3 setting data, namely the temperature at point 36 °C, 37 °C, 38 °C, 28°C and 50 °C obtained temperature accuracy values of 99,8%, 99,6%, 98,1%, 99,3%, and 99,6% Based on the overall temperature measurement, and accuracy of 99,3% was obtained.

Keywords : *Calibration, Laboratory Incubator, Type K Thermocouple Sensor, Temperature, Arduino Mega, MicroSD*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Karya tulis ilmiah ini merupakan salah satu syarat dalam menempuh Program Studi Teknologi Elektro Medis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang, adapun judul yang penulis buat adalah “ Rancang Bangun Alat Kalibrasi Inkubator Laboratorium” untuk melengkapi tugas akhir Program Studi Teknologi Elektromedis Program Diploma Tiga di universitas Widya Husada Semarang.

Dan tidak lupa pula penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini, baik berupa bimbingan dan pengarahan. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikn ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat, hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak, Ibu, Adik dan pacar saya yang telah memotivasi saya, menghibur saya, dan memberikan saya segalanya.
3. Prof.Ir. Chandrasa Soekardi,DEA,selaku Rektor Universitas Widya Husada Semarang ,sosok inspiratif, otak dibalik kesuksesan system kerja instansi
4. Basuki Rahmat, S.T.,M.T Selaku Ketua Program Studi Teknologi Elektro Medis Program Diploma Tiga dan selaku pembimbing yang telah membantu dan mendukung dalam proses pengerjaan Karya Tulis Ilmiah ini.

5. Teman-teman TEM angkatan 2021, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang membantu proses pengerjaan Karya Tulis Ilmiah

Penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam proposal ini karena penulis menyadari bahwa penyusunan karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis membutuhkan saran ataupun kritik yang membangun dari para pembaca.

Diharapkan Karya Tulis Ilmiah ini mampu memberikan manfaat secara umum bagi masyarakat dan secara khusus dalam kemajuan Program Studi Teknologi Elektro Medis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang

Semarang, September 2024

Ilham Ramadhan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Daftar Istilah.....	3
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Pengertian Kalibrasi	5
2.2 Teori Dasar Kalibrasi Alat Inkubator Laboratorium	6
2.2.1 Kalibrasi Inkubator Laboratorium	7
2.3 Teori Dasar Inkubator Laboratorium.....	7
2.3.1 Jenis-jenis Inkbator Laboratorium	8
2.5 LCD (Liquid Crystal Display) 20 x 4.....	12
2.6 Sensor Thermocouple.....	13
2.6.1 Jenis-Jenis sensor Thermocouple.....	13
2.6.2 Karakteristik Thermocouple	15
1.6.3 Range Nilai Tegangan Sensor Thermocouple Type K	15

2.7 Resistor	16
2.8 Transistor	18
2.8.1 Fungsi Transistor	19
2.8.2 Jenis-jenis transistor	20
2.9.1 Jenis IC Regulator	21
2.10 Buzzer	22
2.11 Baterai Lithium	23
2.12 MicroSD	24
2.13 Dioda	25
2.14 Kapasitor	30
2.15 Push Button	30
2.16 IC MAX 6675	32
BAB III PERENCANAAN	34
3.1 Blok Diagram	34
3.1.1 Cara Kerja Blok Diagram	35
3.2 Daftar Komponen	36
3.3 Desain Alat	37
3.5 Perancangan Rangkaian Alat	40
3.5.1 Rangkaian Baterai	40
3.5.4 Rangkaian LCD	43
3.5.5 Modul Buzzer	44
3.5.6 Modul Micro SSD	44
3.5.7 Rangkaian Tombol	45
BAB IV PENDATAAN DAN PENGUKURAN	46
4.1 Pengertian Pengukuran	46
4.2 Persiapan Alat	46
4.3 Metode Pengukuran	46
4.4 Hasil Pengukuran	47
4.5 Hasil Perbandingan	53
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	59

5.1 Rangkaian Keseluruhan.....	59
5.2 Cara Kerja Wiring Diagram	59
5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran.....	60
5.4 Analisa Hasil Pengukuran Tegangan Pada TP	61
5.4.1 Analisa TP 1.....	61
5.4.2 Analisa TP 2.....	64
5.4.3 Analisa TP 3.....	66
5.4.4 Rata-Rata Persentase Kesalahan Pengukuran TP	69
5.5 Analisa Hasil Perbandingan	69
5.5.1 Analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C.....	69
5.5.2 Analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C.....	71
5.5.3 Analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C.....	72
5.5.4 Analisa hasil perbandingan pada suhu 28 °C	74
5.5.5 Analisa hasil perbandingan pada suhu suhu 50 °C.....	74
5.5.6 Analisa Pengukuran Keseluruhan Suhu.....	75
BAB VI PENUTUP.....	76
6.1 Kesimpulan.....	76
6.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penempatan Sensor di Dalam Ruang Enklosur	7
Gambar 2. 2 Inkubator Laboratorium	8
Gambar 2. 3 Inkubator Shaker	8
Gambar 2. 4 Inkubator Portabel	9
Gambar 2. 5 Inkubator Cooling	9
Gambar 2. 6 Inkubator Benchtop	10
Gambar 2. 7 Inkubator CO2	10
Gambar 2. 8 Arduino Mega	11
Gambar 2. 9 LCD 20 x 4	12
Gambar 2. 10 Sensor Thermocouple Tipe K	13
Gambar 2. 11 Bentuk Resistor	16
Gambar 2. 12 Transistor	19
Gambar 2. 13 Jenis Transistor	20
Gambar 2. 14 Fixed Voltage Regulator	21
Gambar 2. 15 Adjustable Voltage Regulator	22
Gambar 2. 16 Buzzer	23
Gambar 2. 17 Baterai Lithium	24
Gambar 2. 18 MicroSD	25
Gambar 2. 19 Light Emitting Diode	26
Gambar 2. 20 Dioda Rectifier	26
Gambar 2. 21 Dioda Penyearah Setengah Gelombang	27
Gambar 2. 22 Dioda Penyearah Gelombang Penuh	27
Gambar 2. 23 Dioda Penyearah Sistem Jembatan	28
Gambar 2. 24 Dioda Penyearah Gelombang Yang Dilengkapi Kapasitor	28
Gambar 2. 25 Pull Up	29
Gambar 2. 26 Pull Down	29
Gambar 2. 27 Kapasitor	30
Gambar 2. 28 Push Button	31
Gambar 2. 29 IC MAX 6675	32
Gambar 3. 1 Blok Diagram	34

Gambar 3. 2 Desain Alat.....	37
Gambar 3. 3 Flowchart.....	38
Gambar 3. 4 Rangkaian Baterai	40
Gambar 3. 5 Rangkaian Sensor Thermocouple.....	41
Gambar 3. 6 Modul Arduino Mega.....	42
Gambar 3. 7 Rangkaian LCD.....	43
Gambar 3. 8 Rangkaian Buzzer	44
Gambar 3. 9 Rangkaian Micro SSD.....	44
Gambar 3. 10 Rangkaian Tombol Push Button	45
Gambar 5. 1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi LCD 20 x 4	12
Tabel 2. 3 Nilai Tegangan Sensor Thermocouple Type K.....	16
Tabel 3. 1 Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat	36
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran	47
Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan di beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan ini berdampak pada kemajuan disegala bidang khususnya dalam bidang ilmu kesehatan yang membawa dampak positif yang begitu besar dapat dilihat pada perkembangan teknologi peralatan kesehatan di rumah sakit, terutama pada alat elektromedik sebagai penunjang pelayanan kesehatan di rumah sakit. Begitu pula dengan perkembangan sumber daya manusia di bidang kesehatan sehingga semakin optimalnya pelayanan di rumah sakit. Salah satu peningkatan pelayanan kesehatan, maka perlu ditunjang dengan perkembangan alat kesehatan, salah satunya pada peralatan inkubator laboratorium.

Inkubator laboratorium adalah alat laboratorium mikrobiologi yang dapat mengoptimalkan suhu dan kelembaban agar organisme sel seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun multiseluler di laboratorium. [3]

Inkubator laboratorium digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme pada kondisi tertentu. Inkubator ini dilengkapi dengan pengaturan suhu dan pengaturan waktu. Sehingga dapat memudahkan user untuk mensetting suhu sesuai dengan yang dibutuhkan. Suhu inkubator yang sering digunakan di rumah sakit yaitu berkisaran dari 30 °C – 40 °C. [2]

Berdasarkan dengan latar belakang tersebut, penulis berinisiatif untuk membuat alat untuk mengkalibrasi inkubator laboratorium, bertujuan untuk memastikan suhu yang disetting dan ditampilkan didisplay inkubator menunjukkan angka yang sesuai dengan cara membandingkan suhu yang terbaca pada alat kalibrasi inkubator laboratorium. Dengan demikian penulis membuat rancang bangun alat kalibrasi inkubator laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, perumusan masalah yang akan dijadikan bahan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang alat kalibrasi inkubator laboratorium ?
2. Bagaimana cara menampilkan perubahan suhu yang terjadi pada alat inkubator laboratorium

1.3 Batasan Masalah

Supaya tidak terjadi pelebaran masalah dalam penelitian ini maka batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Menggunakan sembilan sensor *thermocouple type K*.
2. Pengolahan data dengan menggunakan Arduino atmega 2560
3. Penampilan data sensor dengan menggunakan LCD 20 x 4.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah :

1. Merancang sebuah alat kalibrasi untuk inkubator laboratorium.
2. Menampilkan perubahan suhu yang terjadi didalam inkubator laboratorium pada alat kalibrasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Mengimplementasikan dan mempraktekan ilmu-ilmu yang didapat selama perkuliahan yaitu merancang bangun alat kalibrasi untuk alat inkubator laboratorium.

2. Bagi Institusi

Sumbangan ilmiah bagi universitas terkhusus untuk mahasiswa Diploma Tiga Teknologi Elektro Medis, serta diharapkan dapat digunakan sebagai perbandingan untuk penelaah yang serupa bagi peneliti selanjutnya.

3. Bagi Pengguna

Dengan dihasilkan alat kalibrasi inkubator laboratorium ini diharapkan dapat membantu teknisi elektromedis untuk melakukan kalibrasi internal apabila setelah terjadinya proses perbaikan pada alat inkubator laboratorium, karena setelah dilakukan perbaikan maka alat inkubator laboratorium harus dilakukan kalibrasi untuk memastikan nilai inkubator laboratorium masih dalam batas toleransi.

1.6 Daftar Istilah

Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini penulis menggunakan beberapa kata-kata tidak baku atau kata-kata yang tidak umum diantaranya

1. *Incubator Laboratorium* / Inkubator Laboratorium

Adalah alat yang berada di ruang laboratorium alat ini berfungsi sebagai membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun multiseluler dilaboratorium.

2. Kalibrasi

Kalibrasi adalah suatu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur atau bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukurannya serta estimasi ketidakpastian pengukuran yang tertelusur ke standar nasional atau internasional



BAB II TEORI DASAR

2.1 Pengertian Kalibrasi

Menurut ISO/IEC Guide 17025:2017 kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrument ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakilkan oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang tertelusur ke standar nasional untuk satuan ukur dan/atau internasional.

Manfaat melakukan kalibrasi adalah untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki, serta dengan melakukan kalibrasi bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara nilai yang diukur dengan nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur (standar).

Adapun untuk alat kesehatan, pengujian dan kalibrasi wajib dilakukan dengan kriteria sebagai berikut :

1. Belum memiliki sertifikat dan tanda lulus pengujian dan kalibrasi
2. Sudah berakhir jangka waktu sertifikat atau tanda pengujian dan kalibrasi
3. Diketahui penunjukan keluaran kinerjanya (*performance*) atau keamanannya (*safety*) tidak sesuai lagi, walaupun sertifikat dan tanda masih berlaku
4. Telah mengalami perbaikan walaupun sertifikat dan tanda masih berlaku

5. Telah berpindah tempat atau dipindahkan dan memerlukan pemasangan instansi listrik baru, walaupun sertifikat atau tanda label masih berlaku.

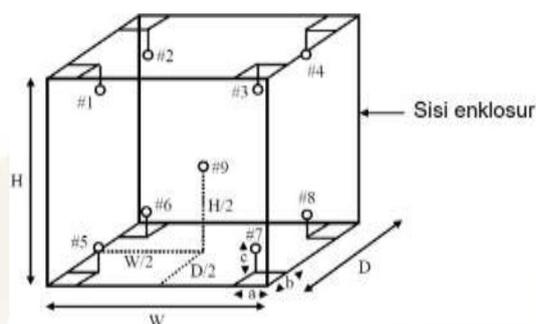
2.2 Teori Dasar Kalibrasi Alat Inkubator Laboratorium

Alat kalibrasi suhu merupakan prosedur kalibrasi indikator enklosur yang suhunya dikendalikan, dengan cara perbandingan penunjukan indikator dengan suhu yang diukur oleh standar-standar pada lokasi yang ditentukan di dalam ruang kerja enklosur. Contoh enklosur yang dimaksud adalah alat inkubator laboratorium. Peralatan standar yang digunakan adalah thermocouple yang dimasukkan ke dalam alat inkubator laboratorium yang akan diukur kemudian akan terbaca oleh alat ukur (standar). [1]

Inkubator laboratorium adalah alat laboratorium mikrobiologi yang dapat mengoptimalkan suhu dan kelembaban agar organisme sel seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Oleh karena itu, alat ini sering digunakan untuk membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun multiseluler di laboratorium. Inkubator laboratorium digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme pada kondisi tertentu. Inkubator ini dilengkapi dengan pengaturan suhu dan pengaturan waktu. Sehingga dapat memudahkan user untuk mensetting suhu sesuai dengan yang dibutuhkan. [3] Suhu inkubator yang sering digunakan di rumah sakit yaitu berkisaran dari 30 °C – 40 °C. Waktu yang dibutuhkan untuk kalibrasi enklosur suhu adalah tidak kurang dari 1 jam setelah keadaan mantap (stabil). [2]

Jumlah sensor standar yang dibutuhkan berkaitan dengan volume ruang kerja yang akan dikalibrasi. Tidak kurang dari 9 sensor dibutuhkan untuk kalibrasi

enklosur dengan ruang kerja 1 m³ atau kurang. Untuk ruang yang lebih besar, jarak antara sensor yang berdekatan tidak boleh melebihi 100 cm. Semua sensor pada setiap sudut atau dinding diposisikan antara 5 cm dan 10 cm dari dinding. Sensor acuan sebaiknya terletak di dalam $\pm 2,5$ cm dari pusat geometris ruang. Perhatikan gambar dibawah ini untuk contoh penempatan sensor. [1]



Gambar 2. 1 Penempatan Sensor di Dalam Ruang Enklosur

2.2.1 Kalibrasi Inkubator Laboratorium

Kalibrasi inkubator laboratorium berfungsi untuk mengecek dan membandingkan alat inkubator laboratorium dengan alat standar yang akan digunakan pada rumah sakit apakah sudah bekerja sesuai dengan standar atau tolak ukur yang ada. Heater yang memanfaatkan arus listrik sebagai input daya untuk menghasilkan listrik. Tegangan listrik yang digunakan adalah arus bolak balik (AC) karena daya yang dibutuhkan cukup besar untuk menaikkan suhu pada heater tersebut. Inkubator laboratorium dilengkapi dengan blower untuk pemeratakan suhu didalam ruang inkubator laboratorium.

2.3 Teori Dasar Inkubator Laboratorium

Inkubator adalah alat yang dapat mengoptimalkan suhu dan kelembaban agar organisme sel seperti bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Oleh karena itu,

alat ini sering digunakan untuk membudidayakan bakteri atau organisme uniseluler maupun maupun multiseluler dilaboratorium.



Gambar 2. 2 Inkubator Laboratorium

2.3.1 Jenis-jenis Inkubator Laboratorium

Jenis-jenis inkubator laboratorium pada umumnya yaitu :

1. Inkubator Shaker

Jenis inkubator laboratorium yang pertama adalah inkubator shaker. Inkubator shaker pada umumnya tidak memiliki penutup, hal ini karena inkubator shaker ini memiliki penutup, bahkan pelindung khusus pada area sampel yang akan kamu uji dan yang akan melalui proses inkubasi.

penutup pada alat ini sangat bermanfaat untuk menjaga sampel yang kamu uji dari segala jenis gangguan. Terutama gangguan dari zat-zat atau organisme kontaminan berbahaya seperti jamur dan bakteri yang tidak diinginkan.



Gambar 2. 3 Inkubator Shaker

2. Inkubator Portabel

Inkubator portable adalah jenis inkubator yang dapat dibawa kemana-mana atau portabel. Hal ini memudahkan untuk melakukan penelitian diluar ruangan.



Gambar 2. 4 Inkubator Portabel

3. Inkubator Cooling

Alat jenis ini biasanya digunakan untuk menumbuhkan bakteri yang hidup disuhu dingin. Walaupun sebagai pendingin, namun ternyata alat ini juga memiliki sistem kontrol pemanas dan pendingin yang seimbang karena adanya pengatur suhu. Alat ini juga dilengkapi dengan pengatur waktu, sehingga kita bisa mengatur berapa lama melakukan inkubasi terhadap sampel yang sedang diuji.



Gambar 2. 5 Inkubator Cooling

4. Inkubator Benchtop

Inkubator jenis ini sering ditemukan diberbagai laboratorium terutama dilaboratorium mikrobiologi. Hal ini karena alat mampu melakukan inkubasi pada organisme dengan suhu dan kondisi lingkungan yang tetap terjaga kestabilannya.



Gambar 2. 6 Inkubator Benchtop

5. Inkubator CO₂

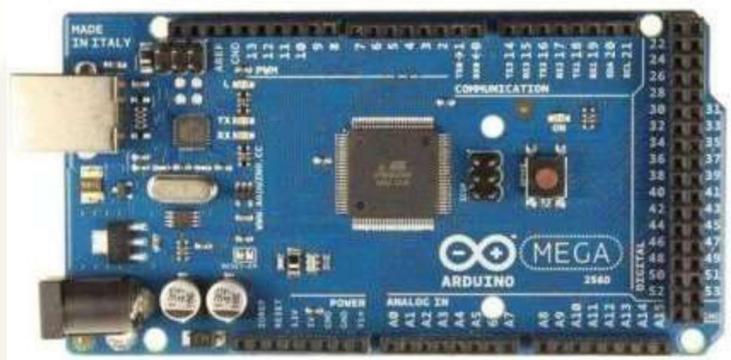
Jenis inkubator ini adalah biasanya digunakan untuk meningkatkan konsentrasi CO₂ pada saat melakukan penelitian bakteri. Cara kerja alat ini adalah menjaga dan mempertahankan kelembaban didalam alat terutama kandungan CO₂ agar bakteri tertentu dapat tumbuh baik didalam alat tersebut.



Gambar 2. 7 Inkubator CO₂

2.4 Arduino Mega

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560. Mikrokontroler ini memiliki 54 pin input/output digital (15 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai. [4]



Gambar 2. 8 Arduino Mega

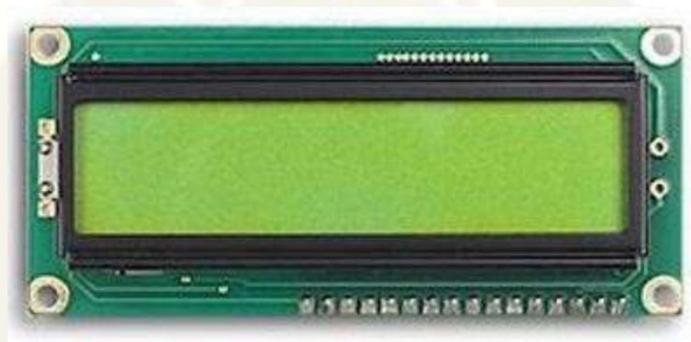
Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan Operasional	5 volt
2	Tegangan rekomendasi	7-12 volt
3	Batas tegangan	6-20 volt
4	Pin input/output digital	54
5	Pin PWM	15
6	Pin input analog	16
7	Arus untuk pin digital	40 mA
8	Arus untuk pin 3,3 V	50 mA
9	Memori flash	256 KB (8 KB untuk bootloader)
10	SRAM	8 KB

11	EEROM	4 KB
12	Clock speed	16 MHz

2.5 LCD (Liquid Crystal Display) 20 x 4

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, simbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan mikrokontroler. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras tampilan. [5]



Gambar 2. 9 LCD 20 x 4

Untuk spesifikasi LCD 20 x 4 dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Spesifikasi LCD 20 x 4

No	Nama	Spesifikasi
1	Blue backlight	12C
2	Display format	20 characters x 4 lines
3	Supply voltage	5 volt
4	Back lit	Blue with white char color
5	Supply voltage	5 volt
6	Pcb size	60 mm 99mm

7	Contrast adjust	Potentiometer
8	Backlight adjust	Jumper

2.6 Sensor Thermocouple

Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya 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.[6]



Gambar 2. 10 Sensor Thermocouple Tipe K

2.6.1 Jenis-Jenis sensor Thermocouple

Dari jenisnya, banyak sekali jenis thermocouple yang dapat digunakan, ini sesuai dengan kebutuhan, dan harga, diantaranya :

- a. Thermocouple tipe E

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu nickel dan chromium dan logam konduktor negatif yaitu constanta. Suhu yang dapat diukur adalah -200°C sampai 900°C .

b. Thermocouple tipe J

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu iron (besi) dan logam konduktor negatif yaitu constantssssa. Suhu yang dapat diukur adalah 0°C sampai 750°C .

c. Thermocouple tipe K

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu nickel dan chromium dan logam konduktor negatif yaitu nickel dan aliminium. Suhu yang dapat diukur adalah -200°C sampai 1250°C .

d. Thermocouple tipe N

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu nicrolis dan logam konduktor negatif yaitu nisol. Suhu yang dapat diukur adalah 0°C sampai 1250°C .

e. Thermocouple tipe T

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu copper (tembaga) dan logam konduktor positif yaitu constanta. Suhu yang dapat diukur adalah -50°C sampai 350°C .

f. Thermocouple tipe U (kompensasi tipe s dan tipe R)

Bahan yang digunakan adalah logam konduktor positif yaitu copper (tembaga) dan logam konduktor negatif yaitu copper dan nickel. Suhu yang dapat diukur adalah 0°C sampai 1450°C .

2.6.2 Karakteristik Thermocouple

- a. Termocouple dapat dikonversi ke listrik untuk mendeteksi listrik, sehingga pengukuran suhu, kontrol, dan suhu sinyal amplifikasi, transformasi dan begitu sangat nyaman.
- b. Sederhana struktur, mudah pembuatan, murah, rendah inersia, akurasi yang tinggi, rentang temperatur yang luas.
- c. Dapat memenuhi persyaratan pengukuran berbagai benda (bagian tertentu dari tempat kecil), seperti titik suhu dan permukaan pengukuran suhu.
- d. Cocok untuk jangka panjang pengukuran dan control otomatis.

1.6.3 Range Nilai Tegangan Sensor Thermocouple Type K

Menurut datasheet nilai tegangan sensor thermocouple type K dapat dilihat pada tabel 2.3.

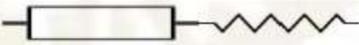
Tabel 2. 3 Nilai Tegangan Sensor Thermocouple Type K

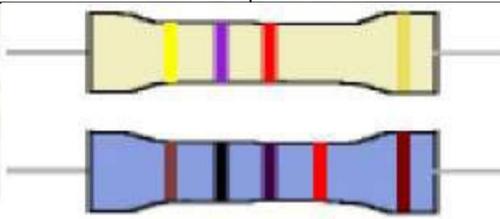
Suhu (°C)	Tegangan (mV)
30	1.203
31	1.244
32	1.285
33	1.326
34	1.366
35	1.407
36	1.448
37	1.489
38	1.530
39	1.571
40	1.612

2.7 Resistor

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega). Bentuk resistor yang umum adalah seperti tabung dengan dua kaki di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran berbentuk cincin kode warna untuk mengetahui besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (Electronic Industries Association) seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah.[10]

Tabel 2. 4 Simbol Resistor

Simbol	
Tipe	Komponen pasif
Fungsi	Membatasi arus listrik
Kemasan	Dua kaki



Gambar 2. 11 Bentuk Resistor

Besarnya ukuran resistor sangat tergantung watt atau daya maksimum yang mampu ditahan oleh resistor. Umumnya di pasaran tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1, 2, 4, 10 dan 20 watt. Resistor yang memiliki daya maksimum 5, 10, dan 20 watt umumnya berbentuk balok berwarna putih dan nilai resistansinya dicetak langsung dibadannya, misalnya 1K 5W.

Resistor merupakan komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menaruh arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya, berdasarkan hokum ohm :

$V = I \times R$ rumus untuk mencari nilai tegangan

$I = V/R$ rumus untuk mencari nilai arus

Keterangan :

V = beda potensial / tegangan listrik (volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

R = hambatan kawat (ohm)

Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaringan elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam komponen dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang di buat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikelkromium).

Resistor SMD

Resistor SMD atau Resistor Surface Mount Device atau resistor yang metode pemasanganya terletak pada permukaan motherboard atau PCB maupun modul dan biasa disebut dengan resistor tempel, Penandaan nilai resistansinya ditandai dengan numerik yang kodenya mirip dengan kondensator keci



Gambar 2. 12 Resistor SMD

Resistor dengan nilai standar ditandai dengan 3 digit kode, dimana dua digit pertama merupakan nilai resistansi dan digit ke tiga merupakan jumlah nol yang ditambahkan setelah dua digit resistansi di awal

Contoh:

"330"=33 Ohm

"221"= $22 \times 10 \text{ ohm} = 220 \text{ Ohm}$

"334"= $33 \times 10.000 \text{ Ohm} = 330.000 \text{ Ohm} / 330\text{K Ohm}$

"222" = $22 \times 100 \text{ Ohm} = 2.200 \text{ Ohm} / 2.2\text{K Ohm}$

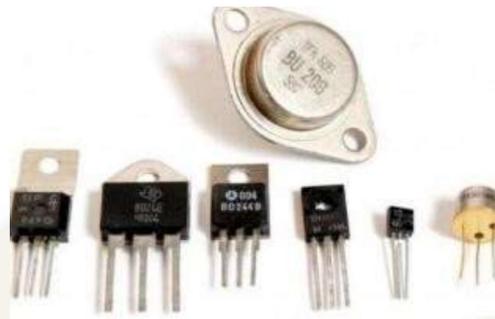
"473" = $47 \times 1.000 \text{ Ohm} = 47.000 \text{ Ohm} / 47\text{K Ohm}$

"105" = $10 \times 100.000 \text{ Ohm} = 1000.000 \text{ Ohm} / 1\text{M Ohm}$

2.8 Transistor

Transistor adalah komponen elektronika semikonduktor yang memiliki tiga kaki elektroda, yaitu basis (dasar), kolektor (pengumpul) dan emitor (pemancar). Transistor sebenarnya berasal dari kata “transfer” yang berarti pemindahan dan “resistor” yang berarti penghambat. Dari kedua kata tersebut dapat kita simpulkan,

pengertian transistor adalah pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi suhu tertentu. Transistor pertama kali ditemukan pada tahun 1948 oleh *William Shockley, Jhon Barden dan W. H, Brattain*. Tetapi komponen ini mulai digunakan pada tahun 1958.[11]



Gambar 2. 13 Transistor

2.8.1 Fungsi Transistor

Fungsi transistor sangatlah besar dan mempunyai peranan penting untuk memperoleh kinerja yang baik bagi sebuah rangkaian elektronika. Dalam dunia elektronika, fungsi transistor ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai sebuah penguat (*amplifier*).
- b. Sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*).
- c. Stabilitas tegangan (*stabilisator*).
- d. Sebagai perata arus.
- e. Memperkuat arus.
- f. Membangkitkan frekuensi tinggi dan rendah.
- g. Modulasi sinyal dan fungsi lainnya.

Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam *amplifier* (penguat). Rangkaian analog ini meliputi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar

berkecepatan tinggi. Beberapa diantara transistor dapat dirangkai sedekemian rupa sehingga fungsi transistor menjadi *logic gate*, memori, dan komponen-komponen lainnya.

2.8.2 Jenis-jenis transistor

BJT (Bipolar Junction Transistor) memiliki dua diode yang katup positif dan negatifnya berhimpita, serta memiliki tiga buah terminal yaitu *emitter*, *collector* dan *basis*.

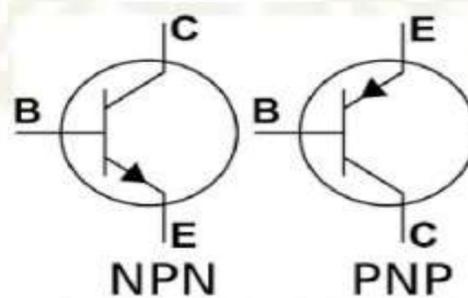
BJT dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. NPN (Negative Positive Negatifve)

Adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan positif pada terminal basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari kolektor dan emitor.

a. PNP (Positive Negative Positive)

Adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan negatif pada terminal basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari emitor dan kolektro.



Gambar 2. 14 Jenis Transistor

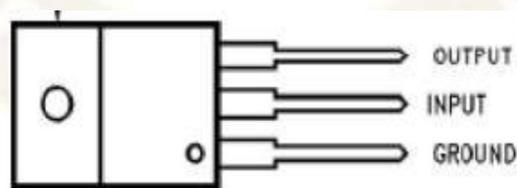
2.9 IC Regulator

IC regulator atau IC *voltage* adalah sebuah sebuah komponen yang banyak dipakai pada rangkaian elektronika. Dikatakan sebagai IC atau *Integreted Circuit* karena *voltage regulator* ini tersusun dari puluhan bahkan ratusan transistor, kapasitor, diode dan resistor yang saling berintegrasi sehingga membentuk komponen IC regulator. IC regulator mempunyai fungsi untuk menurunkan tegangan pada level tertentu (sesuai dengan nilai pada IC regulator), sehingga seolah-olah IC regulator ini menahan tegangan pada nilai tegangan tertentu secara otomatis.

2.9.1 Jenis IC Regulator

a. Fixed Voltage Regulator

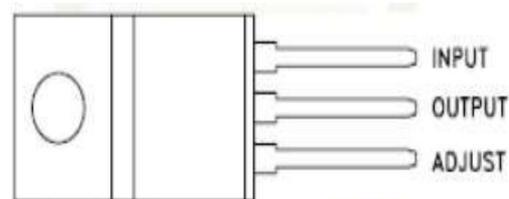
Sesuai dengan namanya, *fixed voltage regulator* atau pengatur tegangan tetap jenis ini memiliki ciri yaitu tegangan output yang dihasilkan tidak bisa diubah-ubah atau tidak bisa diubah-ubah sesuai dengan data sheet komponen. Contohnya seperti yang IC regulator 7812 akan mengeluarkan output sebesar 12 volt.



Gambar 2. 15 Fixed Voltage Regulator

b. Adjustable Voltage Regulator

Adjustable voltage regulator adalah jenis pengatur tegangan yang nilai tegangan outputnya dapat diubah-ubah. IC regulator jenis ini mempunyai range tegangan output yang dapat dihasilkan.



Gambar 2. 16 Adjustable Voltage Regulator

2.10 Buzzer

Buzzer listrik adalah sebuah komponen elektronika yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Pada umumnya, buzzer yang merupakan sebuah perangkat audio ini sering digunakan pada rangkaian anti maling, alarm pada jam tangan, bel rumah, peringatan mundur pada truck dan peringatan perangkat bahaya lainnya. Jenis buzzer yang sering ditemukan dan digunakan adalah buzzer yang berjenis piezoelectric, hal ini dikarenakan buzzer ini memiliki berbagai kelebihan seperti lebih murah, relative lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya kerangkaian elektronika lainnya.

Buzzer yang termaksud dalam keluarga transduser ini juga sering disebut dengan beeper.[8]



Gambar 2. 17 Buzzer

2.11 Baterai Lithium

Baterai lithium merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan pada kendaraan listrik maupun perangkat elektronik. Pada baterai lithium terdapat elektroda aktif yang merupakan lithium metal oxide digunakan untuk elektroda positif sedangkan karbon pada elektrode negatif. Didalam material ini menganut arus kolektor logam dengan bahan penguat, berupa *polivinilidena flourida* (PVDF), atau *polivinilidena flourida-hexafluoropylene* (PVDF-HFP) dan pengencer konduktif.

Baterai lithium-ion memiliki ukuran yang berdiameter 10 mm, tinggi 65,0 mm. Angka “0” pada ukuran tinggi tersebut sebagai toleransi tinggi total baterai berdasarkan berdasarkan jenis baterai 18650, seperti ada tidaknya rangkaian proteksi dan jika ada maka baterai akan sedikit lebih panjang, kutub positif baterai jenis flat top hampir rata dengan *body*-nya, atau kutub positif pada baterai terdapat tonjolan kecil seperti pada kutub positif baterai ukuran AA atau AAA.

Tegangan yang bekerja pada baterai 18650 adalah 3,7 V. maksimumnya dapat dicas 4,2 V dan baterai kosong pada 3,0 V. Secara umum diketahui baterai ini maksimal memiliki kapasitas 3600 mAH, dan sebagainya. Namun, baterai ini dapat diproduksi untuk menyimpan arus maksimal 3600 mAH. Mili ampere hour

(mAh) merupakan satuan untuk kapasitas arus listrik yang dapat disimpan baterai. Misal, baterai 18650 dapat menyuplai arus listrik 3000 mA (3 ampere) selama satu jam. [7]



Gambar 2. 18 Baterai Lithium

2.12 MicroSD

MicroSD adalah jenis kartu memori flash yang dapat dilepas yang digunakan untuk menyimpan informasi. SD adalah singkatan dari secure digital, dan kartu microSD terkadang disebut sebagai μ SD, uSD, atau mSD. Kartu tersebut digunakan di ponsel, kamera, sistem permainan genggam, dan perangkat seluler lainnya. Sistem penyimpanan yang digunakan layaknya kartu flash lainnya, microSD sudah terformat dengan istem file sebagai FAT16, SDHC sebagai FAT32, sedangkan SDXC sebagai ExFAT. Dimanapun FAT16 dan FAT32 memungkinkan untuk dapat diakses melalui semua perangkat host pembaca SD. Pemilihan FAT standar dapat digunakan untuk memperbaiki atau mengambil data yang rusak dan beberapa dapat memulihkan file yang dihapus. Namun karena teknologi ini muncul sebagai drive removable hard maka bisa diformat ulang untuk setiap sistem file yang didukung oleh sistem operasi. Juga bisa ditanamkan sistem

operasi seperti USB live yang bisa memulihkan host computer dari flash media reader.



Gambar 2. 19 MicroSD

2.13 Dioda

Dioda adalah komponen aktif kutub yang pada umumnya bersifat semi konduktor, yang memperbolehkan arus listrik ke satu arah (kondisi panjar maju) dan menghambat arus dari arah sebaliknya (kondisi panjar mundur). Dioda dapat disamakan sebagai fungsi katub didalam bidang elektronika. Dioda sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier dan sering kali tergantung pada teknologi atau material yang digunakan serta parameter penggunaan. Beberapa jenis diode juga mempunyai fungsi yang tidak ditunjukkan untuk penggunaan penyearah.

Prinsip kerja dioda adalah suatu dioda bisa diberi bias mundur (*reverse bias*) atau diberi bias maju (*forward bias*) untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Bias mundur adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda dan tegangan positif ke terminal katoda dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda VA-K adalah negatif ($VA-K < 0$). Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal anoda dan negatifnya ke terminal katoda, maka dioda disebut mendapatkan bias maju (*forward bias*).

Fungsi dan jenis dioda adalah :

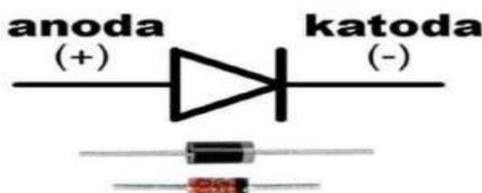
a. Light emitting diode (Dioda emisi cahaya)

Dioda yang sering disingkat LED ini merupakan salah satu piranti elektronika yang menggabungkan dua unsur yaitu optic dan elektronika yang disebut juga sebagai optoelectronic. Dengan masing masing elektrodanya berupa anoda (+) dan katoda (-), dioda jenis ini dikategorikan berdasarkan arah bias dan diameter cahaya yang dihasilkan dan warnanya.



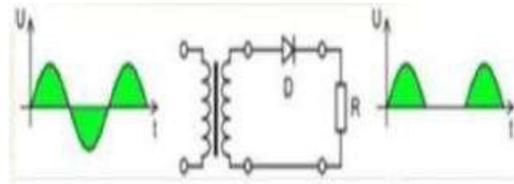
Gambar 2. 20 Light Emitting Diode

Dioda jenis ini merupakan diode penyearah arus atau tegangan yang diberikan, contohnya seperti arus berlawanan (AC) disearahkan sehingga menghasilkan arus searah (DC). Dioda jenis ini memiliki karakter yang berbeda beda sesuai dengan kapasitas yang dimiliki, diode penyearah ini dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:



Gambar 2. 21 Dioda Rectifier

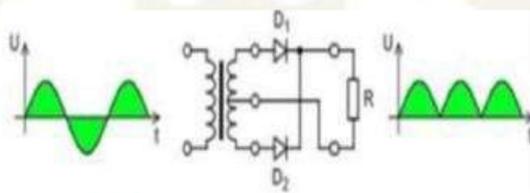
1. Dioda penyearah setengah gelombang.



Gambar 2. 22 Dioda Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang ini adalah penyearah yang hanya mengeluarkan setengah siklus gelombang sinus dengan memakai satu blok dioda aja.

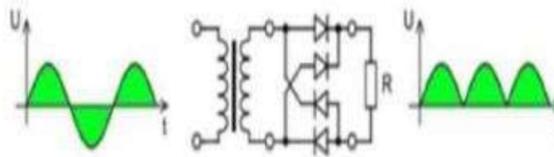
2. Dioda penyearah gelombang penuh



Gambar 2. 23 Dioda Penyearah Gelombang Penuh

Dioda penyearah gelombang penuh ini merupakan penyearah yang mengeluarkan semua siklus gelombang sinusoida sinyal AC. Prinsip kerja dari rangkaian ini yaitu membuat penyearah ganda dengan lebih dulu membalik siklus negatif dari masukan. Maksudnya dioda penyearah gelombang penuh ini membutuhkan 2 fasa input , satu fasa mengikuti masukan dan satu fasa lainnya berbalikan dengan sinyal input.

3. Dioda penyearah sistem jembatan



Gambar 2. 24 Dioda Penyearah Sistem Jembatan

Dioda penyearah sistem jembatan ini merupakan penyearah dengan memanfaatkan topologi dioda yang disusun dengan sistem jembatan (*diode bridge*). Sistem ini mengambil semua siklus gelombang sinus masukan, tapi dengan input fasa tunggal. Sistem ini lebih efisien pada sistem power supply dengan input fasa tunggal, karena menghemat penggunaan lilitannya.

4. Penyearah gelombang yang dilengkapi kapasitor

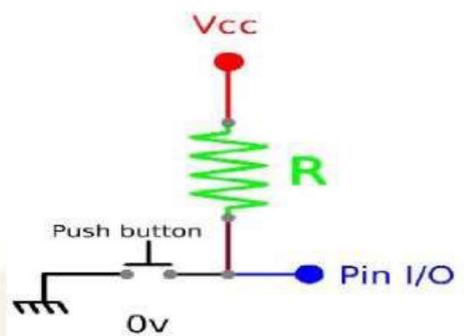


Gambar 2. 25 Dioda Penyearah Gelombang Yang Dilengkapi Kapasitor
Tegangan yang dihasilkan oleh rectifier belum benar benar rata seperti tegangan DC pada umumnya. Makanya, diperlukan kapasitor yang fungsinya sebagai filter (penyaring) buat menekan ripple yang terjadi pada proses penyearah gelombang AC. Jenis kapasitor yang umum dipakai adalah ELCO (Electrolyte Capacitor).

b. Pull Up dan Pull Down

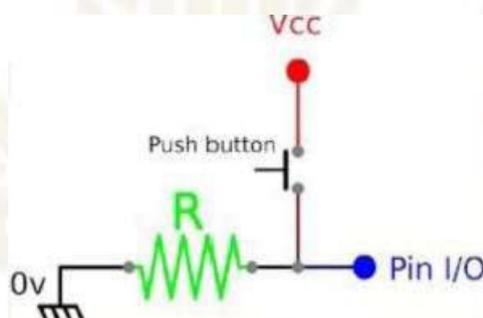
Pull up dan pull down adalah penambahan resistor mikrokontroller, yang membedakan pull up dan pull down adalah penempatan resistor pada kutub

arus listrik, juga pada input. Untuk pull up salah satu kaki resistor dihubungkan ke kutub VCC (5V / 3,3V), sedangkan kaki resistor yang lain dicabangkan ke pin input mikrokontroller dan yang lainnya ke switch (*push button*) untuk disambungkan ke *ground* (0V).



Gambar 2. 26 Pull Up

Sedangkain rangkaian pull down, salah satu kaki resistor dihubungkan ke kutub *ground* (0V), sedangkan kaki resistor yang lainnya dicabangkan, satu ke pin input mikrokontroller dan yang lainnya ke switch (*push button*) untuk disambungkan ke VCC (5V / 3,3V).



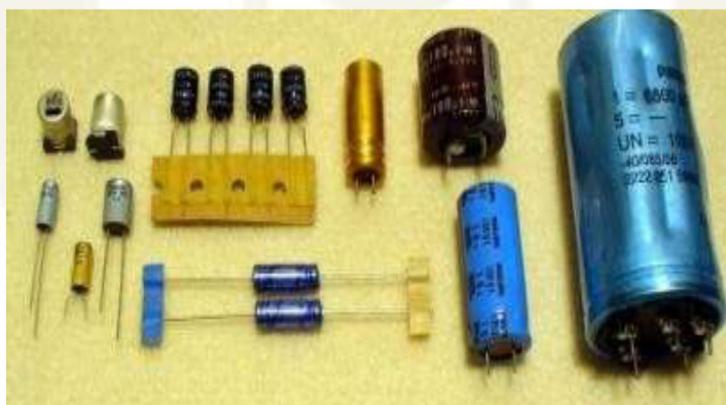
Gambar 2. 27 Pull Down

Pada pull down, VCC tidak terhubung dengan pin, tetapi terhubung dengan *ground* (0V), pin dalam keadaan low, dan ketika push button ditekan VCC akan terhubung dengan pin, kondisi pin sekarang menjadi high.[9]

2.14 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Bahan penyusun kapasitor yaitu dua keping atau dua lembaran penghantar listrik yang dipisahkan menggunakan isolator listrik berupa bahan dielektrik. Masing-masing keping atau lembaran penghantar listrik diberi muatan listrik dalam jumlah yang sama tetapi berlainan jenis, yaitu muatan positif dan muatan negatif.

Kapasitor digunakan pada rangkaian listrik sebagai penyimpan muatan listrik atau energi listrik dan sebagai pengaman dari kegagalan listrik pada rangkaian listrik yang memiliki kumparan. Selain itu, kapasitor juga digunakan pada bagian pengatur panjang gelombang sinyal pada radio. Kapasitor memiliki satuan yang disebut Farad yang diperoleh dari nama penemunya yaitu Michael Faraday.



Gambar 2. 28 Kapasitor

2.15 Push Button

Tombol tekan adalah salah satu komponen elektronika yang fungsinya hampir tak tergantikan. Ketika digunakan untuk berinteraksi, tombol ini bisa memutus hubungan atas suatu aliran. Pemutusan ini terjadi akibat dampak dari pengalihan dari satu konduktor ke konduktor lainnya. Bisa juga tombol tekan

digunakan untuk menghubungkan aliran listrik, ini adalah mekanisme menyalakan rangkaian sirkuit. Mekanisme pemutusan dan penghubungan aliran disebut dengan sistem unlock atau tidak mengunci. Ketika tombol tidak ditekan, sirkuit tersebut akan berada dalam kondisi normal. Seperti dengan namanya, tombol ini dioperasikan dengan cara ditekan alias manual.

Fungsi push button adalah sebagai tombol yang fungsinya menghubungkan dan memutus aliran listrik, tombol ini dipakai pada sejumlah benda elektronik, di antaranya buzzer, relay, LED dan perangkat output lainnya.



Gambar 2. 29 Push Button

Tidak seperti tuas, tombol tekan bekerja secara unlock. Jadi, ketika ditekan, komponen di dalamnya tidak akan mengunci. Dengan begitu, kondisi sirkuit menjadi normal setelah tombol dilepaskan. Tombol akan bernilai High ketika tombol ditekan dan arus akan mengalir secara otomatis, sebaliknya tombol bernilai Low pada saat tombol dilepas dan arus listrik langsung berhenti. [12]

2.16 IC MAX 6675

MAX 6675 adalah komponen pengubah sinyal termokopel menjadi digital dengan masukan data 12-bit ADC (Analog to Digital Converter). MAX 6675 akan menyesuaikan masukan dari sisi dingin termokopel lalu mengoreksinya, sebuah kontroler digital, interface SPI (Serial Peripheral Interface) yang compatible, dan logic control yang terasosiasi. MAX 6675 didesain untuk bekerja dengan sistem mikrokontrol pengukur panas pintar lainnya, control proses atau aplikasi monitoring.



Gambar 2. 30 IC MAX 6675

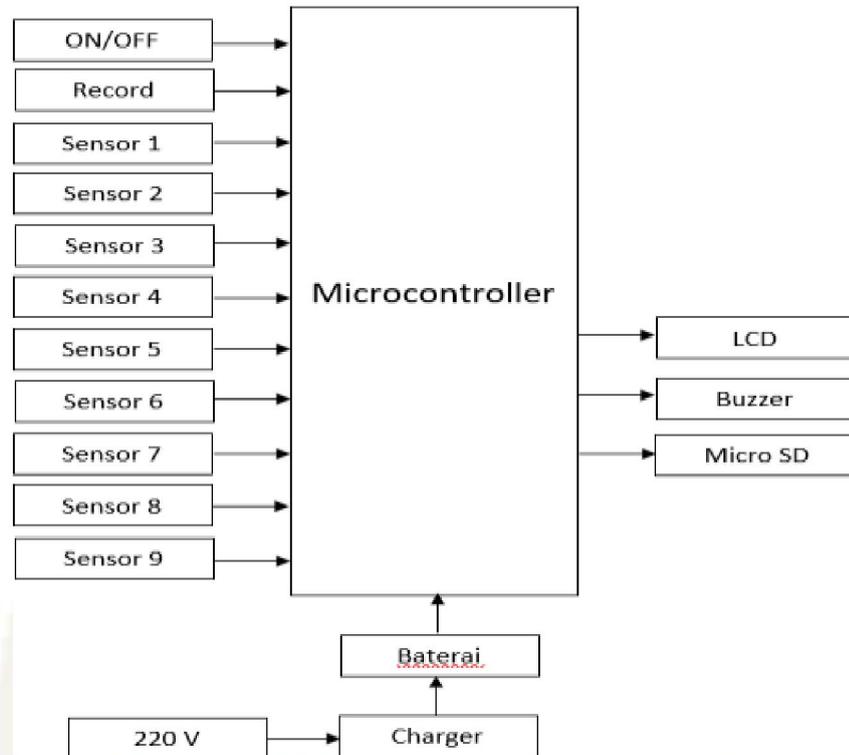
Pada IC MAX 6675 juga sudah terdapat sistem pengondisian sinyal untuk mengubah sinyal dari termokopel menjadi tegangan yang sesuai dengan kriteria standar dari input channel dari ADC. Masukkan dari T+ dan T- terhubung ke sirkuit yang ada pada MAX 6675 yang berfungsi juga untuk mengurangi noise-noise yang ikut masuk bersamaan dengan input dari termokopel. Sebelum berubah tegangan dari termokopel menjadi temperature yang ekuivalent,

MAX 6675 melakukan penyalarsan terhadap sisi dingin pada termokopel dengan sebuah acuan 0°C virtual milik MAX 6675.[13]



BAB III PERENCANAAN

3.1 Blok Diagram



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Keterangan :

1. PLN 220 VAC

Berfungsi memberikan tegangan pada power supply

2. Charger

Rangkaian ini berfungsi untuk mengisi tegangan pada baterai

3. Baterai

Berfungsi untuk mensupply tegangan ke seluruh blok rangkaian dan biasanya digunakan pada alat ditempat tertentu yang tidak memiliki supply listrik (PLN)

4. Tombol ON/OFF

Berfungsi untuk menyalakan dan mematikan

5. Microcontroller

Berfungsi sebagai pengendali utama dari proses kerja alat secara keseluruhan (otak dari rangkaian)

6. LCD atau display

Berfungsi untuk menampilkan nilai suhu yang diukur oleh sensor thermocouple

7. Sensor suhu

Berfungsi untuk mengukur suhu pada alat unit under test (UUT)

8. Buzzer

Berfungsi sebagai pengingat ketika suhu yang diinginkan tercapai maka akan berbunyi

9. Tombol record

Berfungsi untuk merecord suhu yang terbaca oleh sensor thermocouple

10. Micro SD

Berfungsi untuk menyimpan data yang terbaca oleh sensor thermocouple

3.1.1 Cara Kerja Blok Diagram

Pada saat alat dihubungkan ke catu daya PLN maka power supply akan mendapatkan tegangan AC 220V. Dari power supply akan mengisi tegangan pada baterai, kemudian dari baterai akan menyuplai ke masing-masing blok pada rangkaian. Microcontroller berfungsi sebagai pengendali utama dari kerja alat secara keseluruhan, selanjutnya sensor thermocouple berfungsi untuk membaca nilai suhu pada alat inkubator laboratorium sesuai dengan yang disetting dan akan ditampilkan pada display.

Ketika tombol on/off ditekan maka alat kalibrator akan menyala. Sistem terdiri dari 9 sensor thermocouple yang mendeteksi 9 titik berbeda pada alat inkubator laboratorium, kemudian nilai sensor akan dibaca oleh mikrocontroller yang mendapatkan tegangan dari baterai, kemudian buzzer akan berbunyi ketika waktu kalibrasi tercapai, kemudian display akan menampilkan suhu yang terbaca oleh 9 sensor thermocouple, kemudian tombol record ditekan maka akan merecord dari hasil pembacaan 9 sensor thermocouple, kemudian data akan disimpan didalam micro SD, kemudian tekan tombol on/off maka alat akan selesai digunakan.

3.2 Daftar Komponen

Komponen elektronika yang digunakan pada alat ini, ditentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen. Daftar komponen yang digunakan dalam pembuatan modul tertera pada tabel berikut :

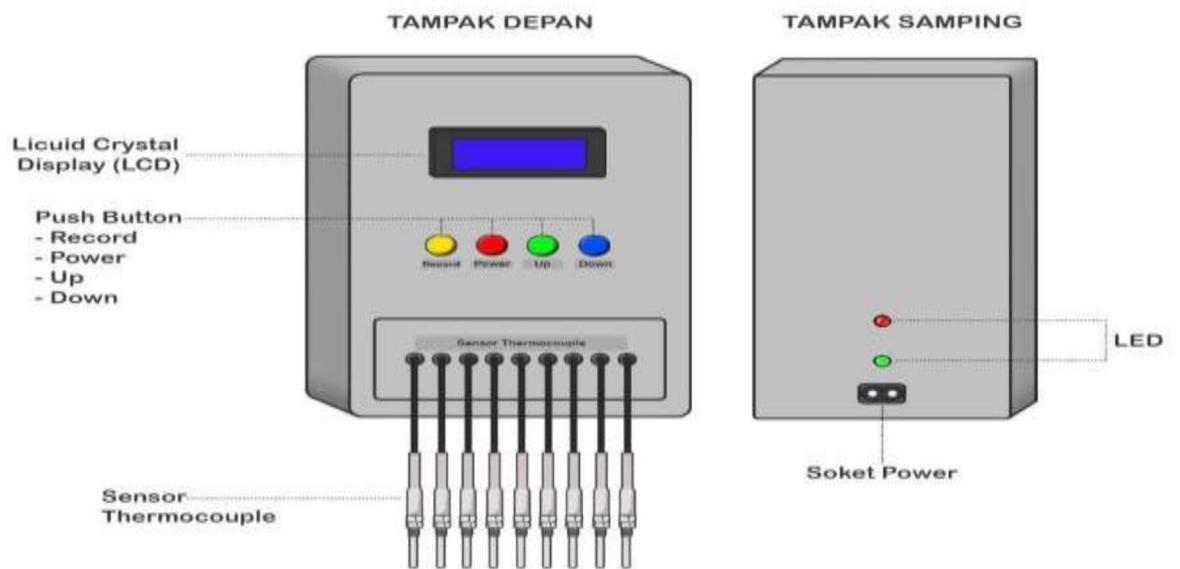
Tabel 3. 1 Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat :

No	Nama komponen	Jumlah
1	Arduino Mega	1
2	LCD 20 x 4	1
3	Sensor tipe K	9
4	Buzzer	1
5	MicroSD	1
6	Dioda	2
7	Resistor	10
8	Kapasitor	4
9	Push Button	4
10	Transistor	1
11	LED Hijau	1

12	LED Merah	1
13	Baterai Lithium Ion	1
14	Kabel Jumper	± 50

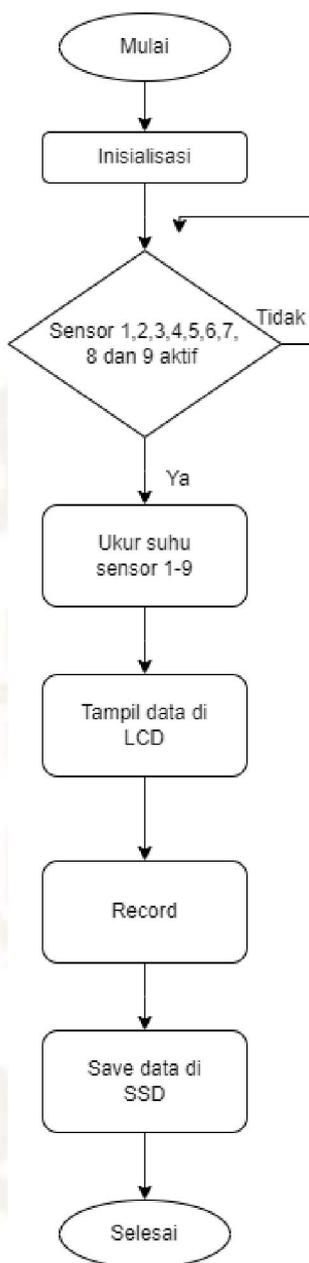
3.3 Desain Alat

Perancangan desain dari alat ini sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Desain Alat

3.4 Flowchart



Gambar 3. 3 Flowchart

Keterangan :

1. Mulai, merupakan tanda memulainya alat dengan menyalakan alat.
2. Inisialisasi, akan melakukan inisialisasi terhadap sistem seperti arduino, lcd dan sensor.
3. Sensor thermocouple type K, melakukan pengukuran / pembacaan suhu terhadap alat UUT (inkubator laboratorium) ketika data didapat akan dikirim ke mikrokontroller untuk dibaca sesuai dengan penunjukkan pada alat inkubator laboratorium.
4. Hasil akan ditampilkan pada display.
5. Record berfungsi untuk merecord suhu yang terbaca oleh sensor thermocouple
6. Save berfungsi untuk menyimpan hasil setelah direcord ke SSD
7. SSD, akan menyimpan suhu yang terbaca oleh thermocouple type

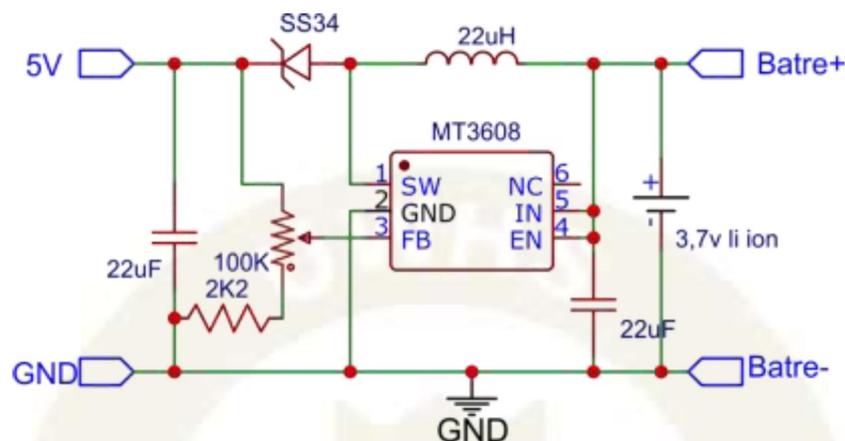
K. Sistem kerja alat :

Pertama instalasi sensor 1-9 ke dalam alat inkubator laboratorium, lalu nyalakan alat dengan menekan switch on/off setting suhu pada alat inkubator laboratorium sesuai dengan yang dibutuhkan oleh user. Selanjutnya nyalakan alat kalibrasi inkubator laboratorium dengan menekan tombol on/off disaat itu alat akan memulai proses inisialisasi. Sensor thermocouple type K akan membaca suhu didalam alat inkubator labortorium selanjutnya sensor akan memberi data ke mikrokontroller untuk dikonversi menjadi data yang akan tampil pada LCD. SSD akan menyimpan suhu yang terbaca pada alat kalibrasi selama pengukuran berlangsung, proses kerja alat kalibrasi inkubator laboratorium selesai.

3.5 Perancangan Rangkaian Alat

Pembuatan modul ini terdiri dari beberapa tahapan yang diawali dengan pembuatan rancangan rangkaian dari gabungan per blok untuk dicoba pada percobaan.

3.5.1 Rangkaian Baterai



Gambar 3. 4 Rangkaian Baterai

Catu daya berfungsi untuk memberikan supply tegangan, khususnya ke IC mikrokontroller arduino mega. Catu daya yang digunakan untuk memberi tegangan pada mikrokontroller adalah 5 VDC. Modul MT3608 ini adalah untuk menaikkan tegangan baterai tipe 18650 dari 3,5 V – 4,1 V menjadi 5 V sesuai dengan yang dibutuhkan oleh papan Arduino Mega.

Dimana pada rangkaian baterai ini penulis menghubungkan dari modul MT3608 pada pin 1 (SW) ke diode baru ke papan arduino mega pada pin 5 V, dan dari modul MT3608 pada pin 2(GND) dihubungkan ke papan arduino mega pada pin GND.

Perhitungan Arus Total

$$I_{total} = I_{stepup} + I_{arduino} + I_{driverI2c} + I_{lcd20x4} + I_{sensorsuhu}$$

$$I_{total} = 1000mA + 500mA + 50mA + 30mA + 36mA$$

$$I_{total} = 1616 mA$$

Rumus Perhitungan Baterai

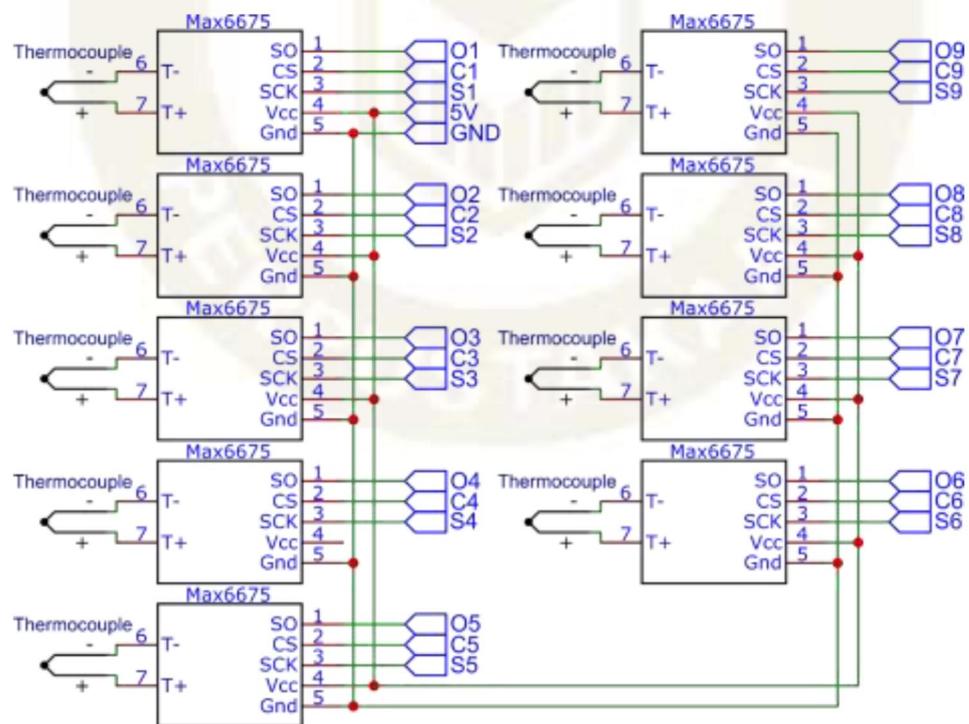
$$Waktu\ pengosongan\ (jam) = \frac{Kapasitas\ Baterai}{Arus\ Beban\ Total}$$

$$= \frac{2000mAh}{1616mA}$$

$$= 1,23\ jam$$

Jadi lama waktu pemakaian baterai tersebut adalah 1,23 jam

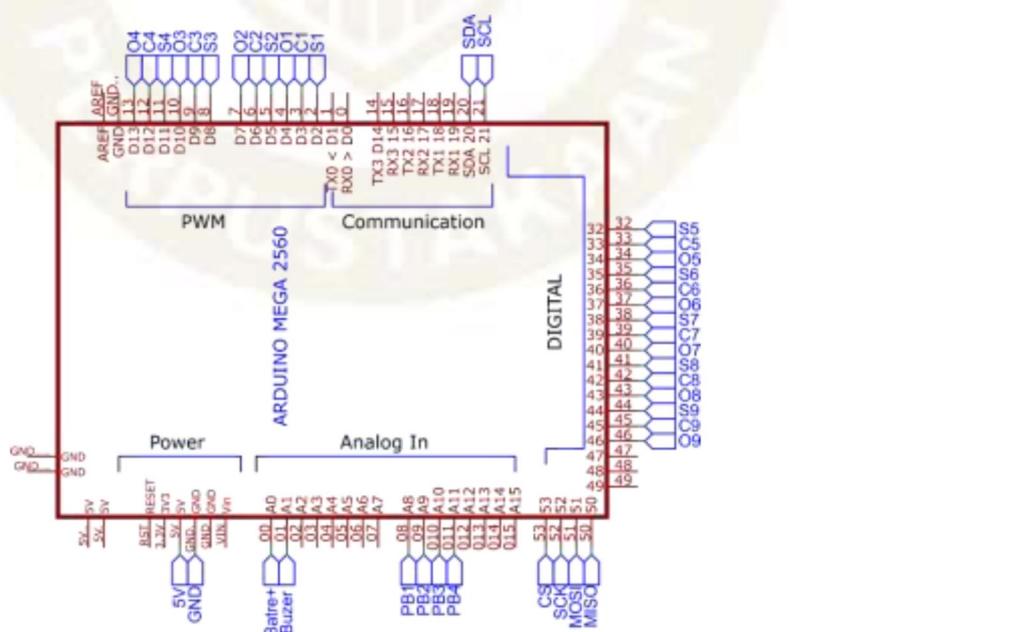
3.5.2 Rangkaian sensor thermocouple



Gambar 3. 5 Rangkaian Sensor Thermocouple

Rangkaian sensor thermocouple ini berfungsi untuk membaca suhu didalam alat inkubator laboratorium, dimana pada alat ini terdapat 9 sensor dimana tegangan yang dibutuhkan masing-masing sensor adalah 5 volt, dihubungkan ke arduino mega, outputan sensor 1 dihubungkan pada pin 2, pin 3, pin 4, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 2 dihubungkan pada pin 5, pin 6, pin 7, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 3 dihubungkan pada pin 8, pin 9, pin 10, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 4 dihubungkan pada pin 11, pin 12, pin 13, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 5 dihubungkan pada pin 32, pin 33, pin 34, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 6 dihubungkan pada pin 35, pin 36, pin 37, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 7 dihubungkan pada pin 38, pin 39, pin 40, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 8 dihubungkan pada pin 41, pin 42, pin 43, pin VCC dan pin GND, outputan sensor 9 dihubungkan pada pin 44, pin 45, pin 46, pin VCC dan pin GND.

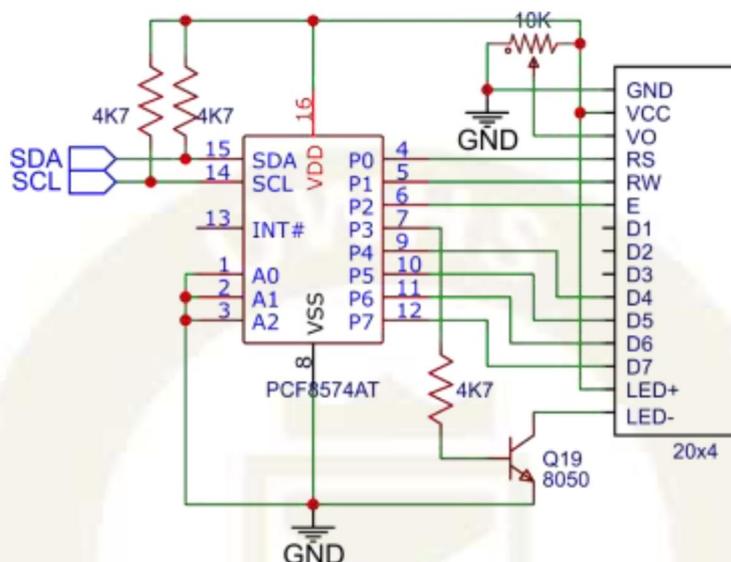
3.5.3 Modul Arduino Mega



Gambar 3. 6 Modul Arduino Mega

Arduino mega adalah papan mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega2560 yang terdiri dari 54 pin input/output. Papan arduino ATmega2560 tegangan yang dibutuhkan 7-12 Volt dimana pada papan arduino membutuhkan tegangan 5 Volt yang diberikan suplai oleh baterai li-ion.

3.5.4 Rangkaian LCD

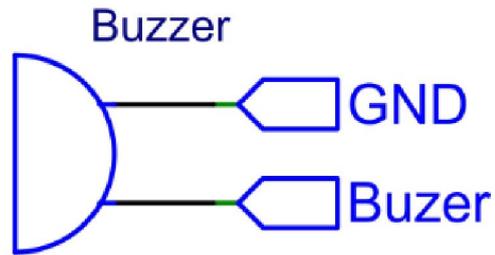


Gambar 3. 7 Rangkaian LCD

Pada perencanaan rangkaian display, penulis menggunakan LCD untuk tampilannya. LCD adalah sebuah display dot-matrix yang berfungsi untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan berdasarkan program yang digunakan untuk mengontrolnya. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan LCD dengan karakter 20 x 4.

Dimana pada rangkaian LCD ini penulis menggunakan I2C kaki SCL dihubungkan pada pin 21 papan arduino mega dan SDA dihubungkan ke pin 20 papan arduino. Tegangan yang dibutuhkan LCD yaitu 5 volt dan dihubungkan ke GND.

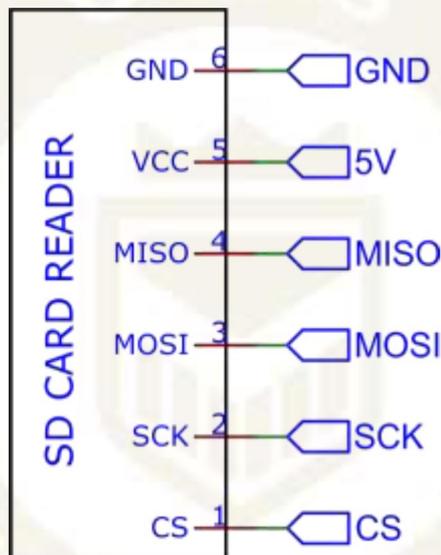
3.5.5 Modul Buzzer



Gambar 3. 8 Rangkaian Buzzer

Rangkaian buzzer berfungsi sebagai indikator. Rangkaian buzzer ini terhubung ke arduino mega pada pin 01 dan ground.

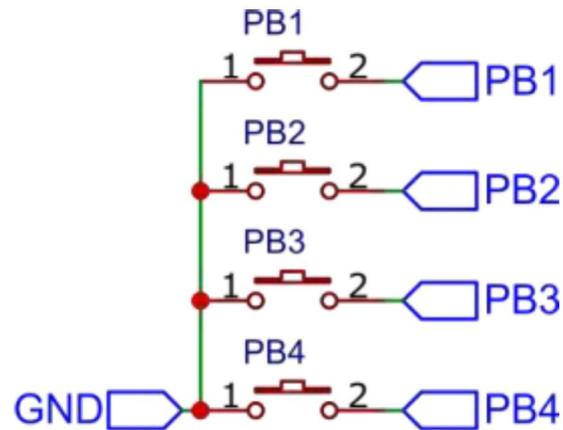
3.5.6 Modul Micro SSD



Gambar 3. 9 Rangkaian Micro SSD

Rangkaian micro SSD ini adalah berfungsi untuk menyimpan data suhu inkubator laboratorium yang terbaca. Rangkaian micro SSD ini terhubung ke arduino mega seperti yang dilihat pada gambar diatas pin CS terhubung ke pin 53, pin SCK terhubung ke 52, pin MOSI terhubung ke pin 51, pin MISO terhubung ke 50, pin VCC terhubung ke 5 volt dan pin GND terhubung ke GND.

3.5.7 Rangkaian Tombol



Gambar 3. 10 Rangkaian Tombol Push Button

Rangkaian push button ini adalah berfungsi untuk on/off alat kalibrasi inkubator laboratorium, tombol record, dan tombol up dan down. PB1 terhubung ke arduino mega pin 08 dan ground, PB2 terhubung ke arduino mega pin 09 dan ground, PB3 terhubung ke arduino mega pin 010 dan ground dan PB4 terhubung ke arduino mega pin 011 dan ground.

BAB IV PENDATAAN DAN PENGUKURAN

4.1 Pengertian Pengukuran

Pendataan adalah suatu proses pengukuran dan pengumpulan hasil pada proses pengukuran pada titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara hasil ukur menurut teori terhadap hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran (praktek).

Data yang diambil dari titik pengukuran adalah pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan antara titik pengukuran terhadap ground. Hasil-hasil pengukuran disajikan secara sistem tabel untuk mempermudah dalam menganalisa data.

4.2 Persiapan Alat

Multimeter yang digunakan sebagai berikut :

Merk : Sanwa

Model : CD770

Buatan : -

4.3 Metode Pengukuran

Metode pengambilan data ini ditentukan terlebih dahulu agar didapatkan hasil pendataan yang sesuai, sehingga dapat diketahui terlebih dahulu gambarnya secara praktek terhadap teori dasar seperti yang telah dikemukakan sebelumnya. Pendataan nilai tegangan, pada pendataan nilai tegangan ini ditentukan untuk mengetahui besarnya tegangan output dari alat. Pengambilan data menggunakan multimeter

4.4 Hasil Pengukuran

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
TP 1	Tegangan input sensor 1 thermocouple pada suhu 36°C	1.4 mV	
	Tegangan input sensor 2 thermocouple pada suhu 36°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 3 thermocouple pada suhu 36°C	1.4 mV	
	Tegangan input sensor 4 thermocouple pada suhu 36°C	1,4mV	

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
	Tegangan input sensor 5 thermocouple pada suhu 36°C	1.3 mV	
	Tegangan input sensor 6 thermocouple pada suhu 36°C	1.5 mV	
TP 1	Tegangan input sensor 7 thermocouple pada suhu 36°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 8 thermocouple pada suhu 36°C	1.4mV	
	Tegangan input sensor 9 thermocouple pada suhu 36°C	1.3mV	

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
;TP 2	Tegangan input sensor 1 thermocouple ada suhu 37°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 2 thermocouple pada suhu 37°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 3 thermocouple pada suhu 37°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 4 thermocouple pada suhu 37°C	1,5mV	

	Tegangan input sensor 5 thermocouple pada suhu 37°C	1.6mV	
--	---	-------	--

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
TP 2	Tegangan input sensor 6 thermocouple pada suhu 37°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 7 thermocouple pada suhu 37°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 8 thermocouple pada suhu 37°C	1,6mV	

	Tegangan input sensor 9 thermocouple pada suhu 37°C	1,5mV	
--	---	-------	--

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
TP 3	Tegangan input sensor 1 thermocouple pada suhu 38°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 2 thermocouple pada suhu 38°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 3 thermocouple pada suhu 38°C	1,5mV	

	Tegangan input sensor 4 thermocouple pada suhu 38°C	1,5mV	
	Tegangan input sensor 5 thermocouple pada suhu 38°C	1.6mV	

TP	Keterangan	Hasil Ukur	Gambar
TP 3	Tegangan input sensor 6 thermocouple F pada suhu 38°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 7 thermocouple G pada suhu 38°C	1.5 mV	
	Tegangan input sensor 8 thermocouple H pada suhu 38°C	1.6 mV	

	Tegangan input sensor 9 thermocouple I pada suhu 38°C	1,5mV	
--	---	-------	--

4.5 Hasil Perbandingan

Tabel 4. 2 Hasil Perbandingan

Setting Suhu : 36.0°C

No	Pembanding thermometer 12 channel		Hasil modul tugas akhir
1			
2			

3			
4			

Setting Suhu : 37.0°C

No	Pembanding thermometer 12 channel		Hasil modul tugas akhir
1			

<p>2</p>			
----------	---	--	---

No	Pembanding thermometer 12 channel		Hasil modul tugas akhir
<p>3</p>			
<p>4</p>			

Setting Suhu : 38.0°C

No	Pembanding thermometer 12 channel	Hasil modul tugas akhir
1		

No	Pembanding thermometer 12 channel	Hasil modul tugas akhir
2		

3			
4			

Data pengujian alat dibawah suhu normal

Setting Suhu : 28.0°C

No	Pembanding thermometer 12 channel		Hasil modul tugas akhir
1			

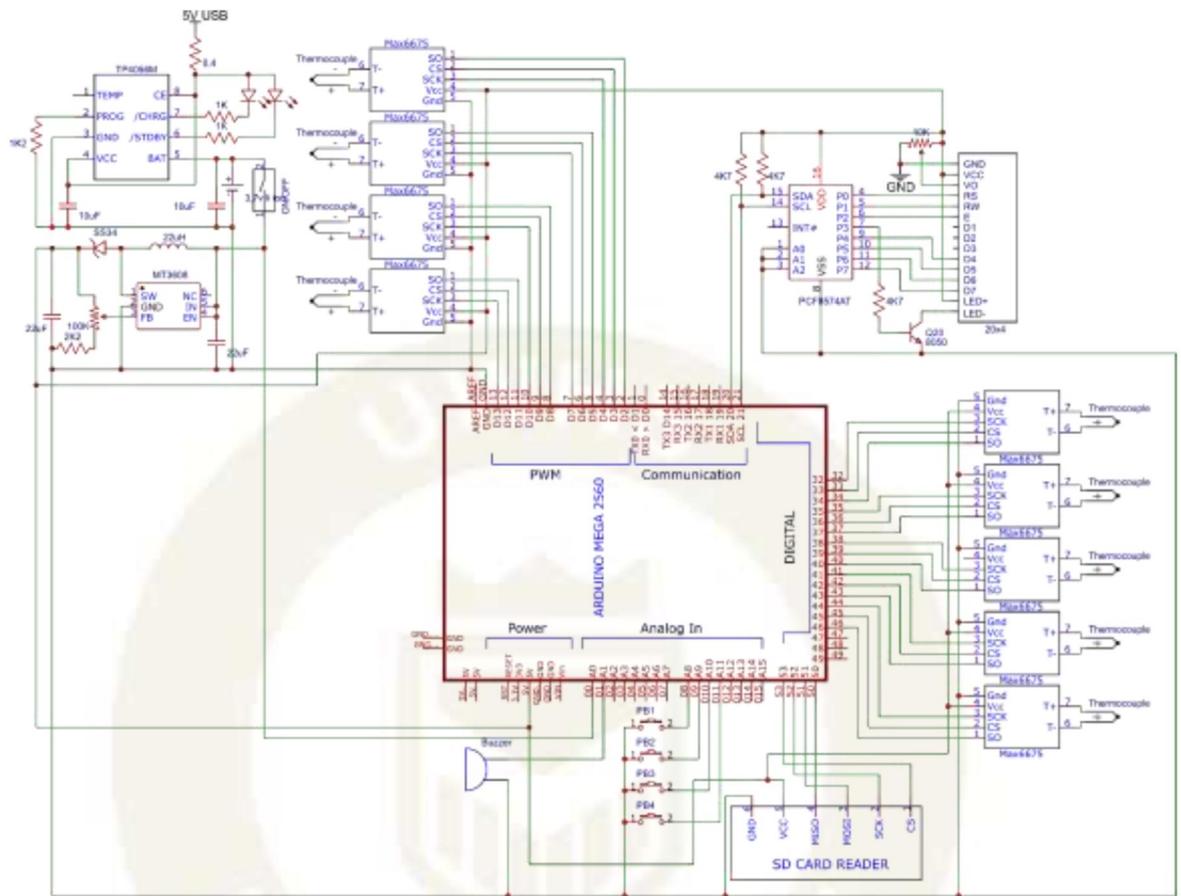
Data pengujian alat diatas suhu normal

Setting Suhu : 50.0°C

No	Pembanding thermometer 12 channel	Hasil modul tugas akhir
1		

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Rangkaian Keseluruhan



Gambar 5. 1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat

5.2 Cara Kerja Wiring Diagram

Pertama modul TP4056 berfungsi untuk mencharger baterai lithium dengan tegangan penuh sebesar 4,2 volt untuk mensuply rangkaian selanjutnya MT3608 berfungsi untuk pengaturan tegangan atau modul step up yang akan menaikkan

tegangan dari 4,2 volt menjadi 5 volt untuk memberikan supply tegangan ke mikrokontroller arduino mega, LCD 20 x 4 dan sensor thermocouple type K.

Dalam keadaan awal tombol push button ditekan maka alat akan on dan mikrokontroller akan memberikan perintah dan LCD akan melakukan inisialisasi menampilkan setting waktu yang diperlukan untuk kalibrasi inkubator lanatorium.

Sensor thermocouple type K akan bekerja mengukur suhu didalam inkubator laboratorium, ketika suhu thermocouple mengukur suhu maka output dari sensor thermocouple type K akan masuk ke mikrokontroller dan selanjutnya mikrokontroller akan memberikan perintah ke LCD untuk menampilkan suhu sesuai dengan yang terbaca oleh sensor thermocouple type K. Selanjutnya rangkaian buzzer akan berbunyi ketika suhu pada uut (inkubator laboratorium) sudah stabil.

Tombol record berfungsi untuk merekam atau merecord hasil selama melakukan pengukuran atau kalibrasi imkubator laboratorium dan microSSD berfungsi untuk menyimpan rekaman data yang terukur oleh sensor thermocouple type K.

5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisa data hasil pengukuran ini bertujuan untuk :

- a. Membandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur pada tiap-tiap titik pengukuran.
- b. Mengetahui besarnya persentase kesalahan (PK) pada tiap titik pengukuran.
- c. Mengetahui kemungkinan penyebab perbedaan antara hasil teori dan hasil ukur.

Persentase kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

Keterangan :

PK : Persentase Kesalahan (%)

HT : Hasil Teori

HU : Hasil Ukur

5.4 Analisa Hasil Pengukuran Tegangan Pada TP

5.4.1 Analisa TP 1

Analisa pengukuran 9 sensor.

Berikut merupakan analisa TP 1 merupakan keluaran tegangan input sensor thermocouple. Ketika diukur pada suhu 36 °C hasil yang didapatkan pada sensor thermocouple type K pada sensor 1 yaitu 1.4 mV, sensor 2 yaitu 1.5 mV, sensor 3 yaitu 1.4 mV, sensor 4 yaitu 1.4 mV, sensor 5 yaitu 1.3 mV, sensor 6 yaitu 1.5 mV, sensor 7 yaitu 1.5 mV, sensor 8 yaitu 1.4 mV, dan sensor 9 yaitu 1.3 mV. Menurut data keluaran dari sensor thermocouple seharusnya yaitu 1.448 mV.

a. Analisa TP 1 pada sensor A

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.4)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.3 \%$$

b. Analisa TP 1 pada sensor B

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.5)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.5 \%$$

c. Analisa TP 1 pada sensor C

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.4)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.3 \%$$

d. Analisa TP 1 pada sensor D

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.4)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.3 \%$$

e. Analisa TP 1 pada sensor E

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.3)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 10.2 \%$$

f. Analisa TP 1 pada sensor F

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.5)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.5 \%$$

g. Analisa TP 1 pada sensor G

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.5)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.5 \%$$

h. Analisa TP 1 pada sensor H

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.4)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 3.3 \%$$

i. Analisa TP 1 pada sensor 9

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.448-1.3)}{1.448} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 10.2 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada sensor 1-9 pada titik pengukuran (TP1) setting suhu 36 °C, maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 4.9 %. Dengan perhitungan sebagai berikut

:

$$\bar{X}_{PK} = \frac{3.3 + 3.5 + 3.3 + 3.3 + 10.2 + 3.5 + 3.5 + 3.3 + 10.2}{9}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{44.1}{9}$$

$$\bar{X}_{PK} = 4.9 \%$$

5.4.2 Analisa TP 2

Berikut merupakan analisa TP 2 merupakan keluaran tegangan input sensor thermocouple. Ketika diukur pada suhu 37 °C hasil yang didapatkan pada sensor thermocouple type K pada sensor 1 yaitu 1.5 mV, sensor 2 yaitu 1.5 mV, sensor 3 yaitu 1.5 mV, sensor 4 yaitu 1.5 mV, sensor 5 yaitu 1.6 mV, sensor 6 yaitu 1.5 mV, sensor 7 yaitu 1.5 mV, sensor 8 yaitu 1.6 mV, dan sensor 9 yaitu 1.5 mV. Menurut data keluaran dari sensor thermocouple seharusnya yaitu 1.489 mV.

a. Analisa TP 2 pada sensor A

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

b. Analisa TP 2 pada sensor B

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

c. Analisa TP 2 pada sensor C

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

d. Analisa TP 2 pada sensor D

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

e. Analisa TP 2 pada sensor E

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.6)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 7.5 \%$$

f. Analisa TP 2 pada sensor F

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

g. Analisa TP 2 pada sensor G

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

h. Analisa TP 2 pada sensor H

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.6)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 7.5 \%$$

i. Analisa TP 2 pada sensor I

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.489-1.5)}{1.489} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0.7 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada sensor 1-9 pada titik pengukuran (TP2) setting suhu 37 °C, maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 2.2 %. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{X}PK = \frac{0.7 + 0.7 + 0.7 + 0.7 + 7.5 + 0.7 + 0.7 + 7.5 + 0.7}{9}$$

$$\bar{X}PK = \frac{19.9}{9}$$

$$\bar{X}PK = 2.2 \%$$

5.4.3 Analisa TP 3

Berikut merupakan analisa TP 2 merupakan keluaran tegangan input sensor thermocouple. Ketika diukur pada suhu 38 °C hasil yang didapatkan pada sensor thermocouple type K pada sensor 1 yaitu 1.5 mV, sensor 2 yaitu 1.5 mV, sensor 3 yaitu 1.5 mV, sensor 4 yaitu 1.5 mV, sensor 5 yaitu 1.6 mV, sensor 6 yaitu 1.5 mV, sensor 7 yaitu 1.5 mV, sensor 8 yaitu 1.6 mV, dan sensor 9 yaitu 1.5 mV. Menurut data keluaran dari sensor thermocouple seharusnya yaitu 1.530 mV.

a. Analisa TP 3 pada sensor A

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

b. Analisa TP 3 pada sensor B

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

c. Analisa TP 3 pada sensor C

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

d. Analisa TP 3 pada sensor D

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

e. Analisa TP 3 pada sensor E

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.6)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 4.5 \%$$

f. Analisa TP 3 pada sensor F

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

g. Analisa TP 3 pada sensor G

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

h. Analisa TP 3 pada sensor H

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.6)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 4.5 \%$$

i. Analisa TP 3 pada sensor I

$$PK = \left| \frac{(HT-HU)}{HT} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(1.530-1.5)}{1.530} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1.9 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada sensor A-I pada titik pengukuran (TP3) setting suhu 38 °C, maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 2.5 %. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{X}_{PK} = \frac{1.9 + 1.9 + 1.9 + 1.9 + 4.5 + 1.9 + 1.9 + 4.5 + 1.9}{9}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{22.3}{9}$$

$$\bar{X}_{PK} = 2.5 \%$$

5.4.4 Rata-Rata Persentase Kesalahan Pengukuran TP

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada setiap pengujian pada titik pengukuran (TP), maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 3.2 %. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{X}_{PK} = \frac{4.9 + 2.2 + 2.5}{3}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{9.6}{3}$$

$$\bar{X}_{PK} = 3.2 \%$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100 \% - 3.2 \% = 96.8 \%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 96.8 %.

5.5 Analisa Hasil Perbandingan

5.5.1 Analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C

Perbandingan ini dilakukan pada suhu 36 °C dengan metode pengukuran menggunakan perbandingan hasil pembacaan alat yang telah dibuat dengan thermometer 12 channel sebagai alat pembanding. Dengan rumus persentase kesalahan sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

a. analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C Percobaan ke 1

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(36,3 - 36,2)}{36,3} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

b. analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C Percobaan ke 2

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(36,3 - 36,4)}{36,3} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

c. analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C Percobaan ke 3

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(36,3 - 36,2)}{36,3} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

d. analisa hasil perbandingan pada suhu 36 °C Percobaan ke 4

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(36,5 - 36,4)}{36,5} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada setiap pengujian pada titik pengukuran (TP), maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 0,2% dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{X}_{PK} = \frac{0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,2}{4}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{0,8}{4}$$

$$\bar{X}_{PK} = 0,2 \%$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,2\% = 99,8\%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 99,8%.

5.5.2 Analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C

Perbandingan ini dilakukan pada suhu 37 °C dengan metode pengukuran menggunakan perbandingan hasil pembacaan alat yang telah dibuat dengan thermometer 12 channel sebagai alat pembanding. Dengan rumus persentase kesalahan sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

a. analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C Percobaan ke 1

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(36,8 - 36,9)}{36,8} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

b. analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C Percobaan ke 2

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(37,2 - 36,9)}{37,2} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,8 \%$$

c. analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C Percobaan ke 3

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(37,3 - 37,1)}{37,3} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,5 \%$$

d. analisa hasil perbandingan pada suhu 37 °C Percobaan ke 4

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(37,2 - 37,1)}{37,2} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 0,2 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada setiap pengujian pada titik pengukuran (TP), maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 0,4% dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{X}_{PK} = \frac{0,2 + 0,8 + 0,5 + 0,2}{4}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{1,7}{4}$$

$$\bar{X}_{PK} = 0,4 \%$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,4\% = 99,6\%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 99,6%

5.5.3 Analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C

Perbandingan ini dilakukan pada suhu 38 °C dengan metode pengukuran menggunakan perbandingan hasil pembacaan alat yang telah

dibuat dengan thermometer 12 channel sebagai alat pembanding. Dengan rumus persentase kesalahan sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

a. analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C Percobaan ke 1

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(38,0 - 38,8)}{38,0} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 2,1 \%$$

b. analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C Percobaan ke 2

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(38,0 - 38,8)}{38,0} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 2,1 \%$$

c. analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C Percobaan ke 3

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(38,1 - 38,8)}{38,1} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1,8 \%$$

d. analisa hasil perbandingan pada suhu 38 °C Percobaan ke 4

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Pembanding}} \right| \times 100 \%$$

$$PK = \left| \frac{(38,1 - 38,8)}{38,1} \right| \times 100 \%$$

$$PK = 1,8 \%$$

Dari hasil persentase kesalahan (PK) pada setiap pengujian pada titik pengukuran (TP), maka diperoleh rata-rata persentase titik pengukuran sebesar 1,9% dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\bar{X}_{PK} &= \frac{2,1 + 2,1 + 1,8 + 1,8}{4} \\ \bar{X}_{PK} &= \frac{7,8}{4} \\ \bar{X}_{PK} &= 1,9 \%\end{aligned}$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - 1,9\% = 98,1\%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 98,1%

5.5.4 Analisa hasil perbandingan pada suhu 28 °C

$$\begin{aligned}PK &= \left| \frac{(\text{Hasil Perbandingan} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Perbandingan}} \right| \times 100 \% \\ PK &= \left| \frac{(28,3 - 28,5)}{28,3} \right| \times 100 \% \\ PK &= 0,7 \%\end{aligned}$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,7\% = 99,3\%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 99,3%

5.5.5 Analisa hasil perbandingan pada suhu 50 °C

$$\begin{aligned}PK &= \left| \frac{(\text{Hasil Perbandingan} - \text{Hasil Modul})}{\text{Hasil Perbandingan}} \right| \times 100 \% \\ PK &= \left| \frac{(50,6 - 50,4)}{50,6} \right| \times 100 \% \\ PK &= 0,4 \%\end{aligned}$$

Dari perhitungan rata-rata kesalahan pada titik pengukuran (TP) maka dapat diperoleh keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,4\% = 99,6\%$$

Jadi keakurasian dari pengukuran pada titik pengukuran adalah 99,6%

5.5.6 Analisa Pengukuran Keseluruhan Suhu

Rata-rata seluruh pengukuran suhu:

$$\bar{X}_{PK} = \frac{0,2 + 0,4 + 1,9 + 0,7 + 0,4}{5}$$

$$\bar{X}_{PK} = \frac{3,6}{5}$$

$$\bar{X}_{PK} = 0,7 \%$$

Dari hasil pengukuran suhu 36 °C didapatkan rata-rata persentase kesalahan (PK) yaitu sebesar 0,2%, dari hasil pengukuran suhu 37 °C didapatkan rata-rata persentase kesalahan (PK) sebesar 0,4%, dari hasil pengukuran 38 °C didapatkan rata-rata persentase kesalahan (PK) sebesar 1,9%, dari hasil pengukuran suhu 28 °C didapatkan persentase kesalahan (PK) sebesar 0,7%, dan dari hasil pengukuran suhu 50 °C didapatkan persentase kesalahan (PK) sebesar 0,4%. Sehingga didapatkan rata-rata kesalahan pada seluruh suhu didapatkan keakurasian pengujian dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Akurasi \%} &= 100\% - (\text{rata-rata PK}) \\ &= 100\% - 0,7\% \\ &= 99,3\% \end{aligned}$$

BAB VI PENUTUPAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan tahapan mulai dari pembuatan modul hingga pengukuran dan analisa pada alat kalibrasi inkubator laboratorium yang telah dibuat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Kalibrasi Inkubator Laboratorium yang telah dibuat dapat digunakan untuk mengkalibrasi suhu pada alat Inkubator Laboratorium.
- b. Berdasarkan pengukuran didapatkan rata-rata error pada suhu 36 °C sebesar 0,2% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 99,8%.
- c. Berdasarkan pengukuran didapatkan rata-rata error pada suhu 37 °C sebesar 0,4% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 99,6%.
- d. Berdasarkan pengukuran didapatkan rata-rata error pada suhu 38 °C sebesar 1,9% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 98,1%.
- e. Berdasarkan pengukuran didapatkan rata-rata error pada suhu 28 °C sebesar 0,7% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 99,3%.
- f. Berdasarkan pengukuran didapatkan rata-rata error pada suhu 50 °C sebesar 0,4% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 99,6%.
- g. Berdasarkan pengukuran keseluruhan suhu didapatkan rata-rata suhu sebesar 0,7% dan keakurasian yang didapatkan sebesar 99,3%.

6.2 Saran

Berdasarkan alat yang sudah dibuat, berikut ini adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut :

- a. Bisa menambahkan menu hold pada alat kalibrasi inkubator laboratorium. Tombol hold berfungsi untuk menahan hasil pengukuran pada layar alat kalibrasi inkubator laboratorium sehingga pembacaan sensor pada display berhenti untuk membaca suhu selanjutnya.
- b. Untuk meningkatkan kinerja kalibrasi inkubator laboratorium dapat menggunakan sensor thermocouple type K M8 yang memiliki ukuran diameter kabel yang lebih kecil.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Komite Akreditasi Nasional, "Pedoman Kalibrasi Enklosur Suhu," Agustus (2019).
- [2] Metode Kerja "Pengujian Inkubator Laboratorium" KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN NOMOR : HK.02.02/V/5771/2018.
- [3] Andriani, R. "Pengenalan alat-alat laboratorium mikrobiologi untuk mengatasi keselamatan kerja dan keberhasilan praktikum". *Jurnal Mikrobiologi*, 1(1), (2016).
- [4] Elga Aris Prastyo, " Arduino Mega 2560," 18 (2023).
- [5] Hestylesta, "Liquid Crystal Display 20 x 4," no. September 2015, pp. 6-26,(2009).
- [6] Kho, Dickson. "Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya." *Komponen Elektronika* (2018)
- [7] Pistoia, Gianfranco, ed. "Lithium-ion batteries: advances and applications." (2013).
- [8] S.S Hidayatullah, " Pengertian Buzzer Elektronika Beserta Fungsi Dan Prinsip Kerjanya," (2018).
- [9] Kelaspic, "Pengertian Dioda dan Jenisnya Di dalam Elektronika," Kelas PLC, (2022).
- [10] D. Kho, " Pengertian Resistor dan Jenis-jenisnya," TEKNIK ELKTRONIKA, (2017).

- [11] R. Abadi, "Transistor: Pengertian, Fungsi, Cara kerja, Jenis Gambar Simbol," Thecityfoundry, (2023).
- [12] Alif Rakhman," push button switch : pengertian, fungsi, jenis-jenis," October 27, (2022).
- [13] P. dan Kontrol, "IC MAX 6675." Sist, pengukuran Kontrol, p.



STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP)

1. Siapkan alat ukur yang digunakan.
2. Pemasangan 9 sensor ke dalam alat inkubator laboratorium sesuai dengan yang sudah ditentukan di referensi yang digunakan.
3. Pastikan kondisi inkubator laboratorium dalam keadaan kosong atau maksimum 30% dari volume.
4. Buka pintu inkubator laboraorium kemudian tempatkan sambungan ukur (*measuring junction*) kawat-kawat sensor pada lokasi-lokasi dengan nomor lokasi yang sesuai.

Upayakan sambungan ukur tidak menyentuh permukaan bagian dalam inkubator laboratorium serta diikat dengan kuat pada tiap lokasi pengukuran. Tutupkan kembali pintu inkubator laboratorium. Sambungkan kawat-kawat pada Standard melalui kanal-kanal yang ada pada Standard tersebut. Nyalakan Standard.

5. Kalibrasi akurasi suhu dan variasi suhu.
 - a. Nyalakan incubator laboratorium, kemudian atur suhunya pada nilai suhu kalibrasi yang diminta – biarkan beberapa saat sampai penunjukan suhu pada incubator laboratorium dan standard stabil. Indikasi kestabilan ditunjukkan oleh penunjukan standard yang berubah-ubah antara suatu nilai suhu maksimum dan nilai suhu minimum yang tetap.
 - b. Bila penunjukan suhu pada standard telah stabil, lakukan perekaman data sebagai berikut:

- 1) Catat nilai suhu pada data pertama yang terbaca pada 9 titik pengukuran yang terpasang di dalam UUT.
- 2) Lakukan pencatatan Suhu selanjutnya sebanyak 29 data lainnya pada setiap menitnya.
- 3) Dan catat suhu max dan min yang terbaca pada indicator UUT



CODING SOFTWARE

```
[09.05, 2/9/2024] ilhamm: #include <max6675.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

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

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

```
#define tDO1 11
```

```
#define tCS1 12
```

```
#define tCLK1 13
```

```
#define tDO2 8
```

```
#define tCS2 9
```

```
#define tCLK2 10
```

```
#define tDO3 5
```

```
#define tCS3 6
```

```
#define tCLK3 7
```

```
#define tDO4 2
```

```
#define tCS4 3
```

```
#define tCLK4 4
```

```
#define tDO5 14
```

```
#define tCS5 0
```

```
#define tCLK5 1
```

```
#define tDO6 17
```

```
#define tCS6 16
```

```
#define tDO7 30
#define tCS7 28
#define tCLK7 26
```

```
#define tDO8 36
#define tCS8 34
#define tCLK8 32
```

```
#define tDO9 42
#define tCS9 40
#define tCLK9 38
```

```
#define kurang A8
#define tambah A9
#define cancel A10
#define ok A11
#define buzzerpin A1
```

```
MAX6675 thermocouple1(tCLK1, tCS1, tDO1);
MAX6675 thermocouple2(tCLK2, tCS2, tDO2);
MAX6675 thermocouple3(tCLK3, tCS3, tDO3);
MAX6675 thermocouple4(tCLK4, tCS4, tDO4);
MAX6675 thermocouple5(tCLK5, tCS5, tDO5);
MAX6675 thermocouple6(tCLK6, tCS6, tDO6);
MAX6675 thermocouple7(tCLK7, tCS7, tDO7);
MAX6675 thermocouple8(tCLK8, tCS8, tDO8);
MAX6675 thermocouple9(tCLK9, tCS9, tDO9);
```

```
byte logosuhu[] = {
```

```

B11110
B10010,
B10010,
B11110,
B00000,
    B00000,
    B00000,
    B00000
};
const int chipSelect = 53;
int setmenit;
float suhu1, suhu2, suhu3, suhu4, suhu5, suhu6, suhu7, suhu8, suhu9;
char satuan = "";
unsigned long millismenit, millisjam, millisbaca;
int menu = 0;
void setup()
{
    pinMode(kurang, INPUT_PULLUP);
    pinMode(tambah, INPUT_PULLUP);
    pinMode(cancel, INPUT_PULLUP);
    pinMode(ok, INPUT_PULLUP);
    pinMode(buzzerpin, OUTPUT);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.createChar(0, logosuhu);
    int batre = analogRead(A0);
    batre = map(batre, 712, 812, 0, 100);
    if (batre <= 0) {
batre = 0;

```

```
}

if (batre >= 100) {
    batre = 100;
}

if (!SD.begin(chipSelect)) {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("  Kartu SD:  ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("  TIDAK ADA  ");
    lcd.setCursor(6, 2);
    lcd.print("Baterai:  ");
    lcd.setCursor(8, 3);
    lcd.print(batre);
    lcd.print(" %  ");
    delay(1500);
    lcd.clear();
    return;
}

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("  Kartu SD:  ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("  ADA  ");
lcd.setCursor(6, 2);
lcd.print("Baterai:  ");
lcd.setCursor(8, 3);
lcd.print(batre);
lcd.print(" %  ");
delay(1500);
```

```
lcd.clear();  
setmenit = 2;
```

```
void loop()  
{  
  millis();  
  switch (menu)  
  {  
    case 0:  
      lcd.setCursor(0, 0);  
      lcd.print("A");  
      lcd.print(suhu1, 1);  
      lcd.print(" ");  
      lcd.setCursor(0, 1);  
      lcd.print("B");  
      lcd.print(suhu2, 1);  
      lcd.print(" ");  
      lcd.setCursor(0, 2);  
      lcd.print("C");  
      lcd.print(suhu3, 1);  
      lcd.print(" ");  
      lcd.setCursor(0, 3);  
      lcd.print("D");  
      lcd.print(suhu4, 1);  
      lcd.print(" ");  
  
      lcd.setCursor(7, 0);  
      lcd.print("E");  
      lcd.print(suhu5, 1);
```

```
lcd.print(" ");  
lcd.setCursor(7, 1);
```

```
lcd.print("F");  
  lcd.print(suhu6, 1);  
  lcd.print(" ");  
  lcd.setCursor(7, 2);  
  lcd.print("G");  
  lcd.print(suhu7, 1);  
  lcd.print(" ");  
  lcd.setCursor(7, 3);  
  lcd.print("H");  
  lcd.print(suhu8, 1);  
  lcd.print(" ");  
  
  lcd.setCursor(14, 0);  
  lcd.print("I");  
  lcd.print(suhu9, 1);  
  lcd.print(" ");  
  lcd.setCursor(14, 1);  
  lcd.print("Satuan");  
  lcd.setCursor(14, 2);  
  lcd.write(0);  
  lcd.print("C");  
  if (digitalRead(cancel) == LOW)  
  {  
    lcd.clear();  
    bip();  
    menu = 1;
```

```
}
if (digitalRead(ok) == LOW)
{

    simpandata();
}
if(millis()-millisbaca>=2000)
{
    bacasuhu();
    millisbaca=millis();
}
if (millis() - millismenit >= setmenit * 60000)
{
    simpandata();
    millismenit = millis();
}
if (millis() - millisjam >= 3600000)
{
    bip();
    bip();
    bip();
    bip();
    bip();
    millisjam = millis();
}
break;
case 1:
```

```
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Setting Waktu Simpan");  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print(setmenit);  
lcd.print(" Menit ");  
  
if (digitalRead(kurang) == LOW && setmenit > 0)  
{  
    bip();  
    setmenit--;  
}  
if (digitalRead(tambah) == LOW && setmenit < 60)  
{  
    bip();  
    setmenit++;  
}  
if (digitalRead(cancel) == LOW)  
{  
    lcd.clear();  
    bip();  
    menu = 0;  
}  
break;  
  
}  
  
}  
void bacasuhu()
```

```
{
    suhu1 = thermocouple1.readCelsius();
    suhu2 = thermocouple2.readCelsius();
    suhu3 = thermocouple3.readCelsius();
    suhu4 = thermocouple4.readCelsius();

    suhu5 = thermocouple5.readCelsius();
    suhu6 = thermocouple6.readCelsius();
    suhu7 = thermocouple7.readCelsius();

    suhu8 = thermocouple8.readCelsius();
    suhu9 = thermocouple9.readCelsius();
}
void simpandata()
{
    lcd.setCursor(14, 3);
    lcd.print("Simpan");
    digitalWrite(buzzerpin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(buzzerpin, LOW);
    File dataFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);
    if (dataFile)
    {
        dataFile.print(suhu1, 1);
        dataFile.print(";");
        dataFile.print(suhu2, 1);
        dataFile.print(";");
        dataFile.print(suhu3, 1);
        dataFile.print(";");
    }
}
```

```
dataFile.print(suhu4, 1);
dataFile.print(";");
dataFile.print(suhu5, 1);
dataFile.print(";");
dataFile.print(suhu6, 1);

dataFile.print(";");
dataFile.print(suhu7, 1);
dataFile.print(";");
dataFile.print(suhu8, 1);
dataFile.print(";");

dataFile.println(suhu9, 1);
dataFile.close();
}
lcd.setCursor(14, 3);
lcd.print(" ");
}
void bip()
{
digitalWrite(buzzerpin, HIGH);
delay(200);
digitalWrite(buzzerpin, LOW);
```

DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA

