

TUGAS AKHIR
PEMBUATAN *INSTRUMENT* PENGUKURAN
TEMPERATURE* PADA *WET COOLING TOWER

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

M. SAYID ZUFRI

1907230020



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M. Sayid Zufri
NPM : 1907230020
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan *Instrument* Pengukuran
Temperature Pada *Wet Cooling Tower*
Bidang ilmu : Kontruksi & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Agustus 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T.

Ketua, Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Putra Siregar S.T., MT.

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M. Sayid Zufri
Tempat /Tanggal Lahir : Singgama, 30 Juli 2001
NPM : 1907230020
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pembuatan *Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower*”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Agustus 2023

Saya yang menyatakan,



M. Sayid Zufri

ABSTRAK

Colling Tower atau menara pendingin merupakan teknologi yang digunakan di dunia industri, menara pendingin bekerja untuk mendinginkan fluida air dengan menggunakan tenaga angin yang berasal dari kipas atau *blower*, cara kerja menara pendingin pada dasarnya air panas yang berasal dari mesin di alirkan ke menara pendingin lalu air melewati *fill-fill* yang berada pada menara pendingin dan kontak langsung oleh udara, menara pendingin difokuskan pada penurunan suhu air masuk hingga keluar, adapun pembaca suhu air menggunakan sensor termokopel. Termokopel ialah sensor suhu yang mampu membaca suhu dari $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Menara pendingin ini menggunakan rangkaian *arduino mega*, papan PCB, modul *MAX6675* dan termokopel. Cara membaca temperatur suhu pada menara pendingin menggunakan komputer atau laptop dengan *microsoft excel* yang sudah terhubung *software PLX-DAQ*. Data yang sudah didapat lalu diuji menggunakan *software SPSS (Statiscal Product and Service Solutions)*, pengujian menggunakan 3 macam, yaitu distribusi normal, standar devisiasi, dan realibitas. Data dikatakan berdistribusi normal jika nilai *Asymp. Sig* > dari 0,050 maka data tersebut dinyatakan berdistribusi normal. Jika standar devisiasi lebih kecil dari *mean* artinya data menyebar tidak jauh dari rata-rata, karena Standar devisiasi merupakan gambaran dari penyimpangan yang tinggi. Data dikatakan *reliable* jika nilai *crnbach alpha* > 0,6. Data yang diambil ada 4 yaitu pada saat kalibrasi, *fill* berbentuk bulat, *fill* berbentuk kotak *fill* berbentuk segitiga.

Kata kunci: Sensor termokopel, Arduino mega, temperatur

ABSTRACT

Colling Tower or cooling tower is a technology used in the industrial world, cooling tower works to cool water fluid by using wind power that comes from a fan or blower, how the cooling tower works is basically hot water coming from the machine is flowed to the cooling tower then water through the fill-fills that are in the cooling tower and in direct contact with the air, the cooling tower is focused on reducing the temperature of the inlet water until it leaves it, while the water temperature reading uses a thermocouple sensor. A thermocouple is a temperature sensor capable of reading temperatures from -200 °C to 1200 °C. This cooling tower uses arduino mega circuit, PCB board, MAX6675 module and thermocouple. How to read the temperature on the cooling tower using a computer or laptop with Microsoft Excel that is already connected to the PLX-DAQ software. The data that has been obtained is then tested using SPSS (Statiscal Product and Service Solutions) software, testing using 3 types, namely normal distribution, standard deviation, and reliability. The data is said to be normally distributed if the Asymp. Sig > of 0.050, the data is stated to be normally distributed. If the standard deviation is smaller than the mean, it means that the data is spread not far from the average, because the standard deviation is an illustration of a high deviation. The data is said to be reliable if the Crnbach alpha value is > 0.6. There are 4 data taken, namely at the time of calibration, the fill is round, the fill is in the form of a box, the fill is triangular.

Keywords: Thermocouple sensor, Arduino mega, temperature

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Instrument Pengukuran *Temperature* Pada *Wet Cooling Tower*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: M. Syahrul dan Sri Endang Muliati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Rafido Alfaizi, Nanda Fahriza, Aditya Wardhana, Muhammad Iqbal, Afrizal Syahputra dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per-satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 14 Agustus 2023

M. Sayid Zufri

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sensor Suhu Termokopel	4
2.1.1 Termokopel	4
2.1.2 Termokopel Tipe K	5
2.1.3 Arduino Mega	6
2.1.4 Modul MAX 6675	6
2.2 <i>Software SPSS (Statiscal Product and Service Solutions)</i>	7
2.2.1 Pengertian Software SPSS	7
2.2.2 Cara menggunakan <i>Software SPSS</i>	8
2.3 <i>Cooling Tower</i>	10
2.4 Fungsi <i>Cooling Tower</i>	10
2.5 Prinsip Kerja <i>Cooling Tower</i>	10
2.6 Defenisi <i>Cooling Tower</i>	11
2.7 Konstruksi <i>Cooling Tower</i>	12
2.7.1 Fan	13
2.7.2 Kerangka Pendukung <i>Cooling tower</i>	13
2.7.3 Casing <i>Cooling Tower</i>	13
2.7.4 Pipa Sprinkler	13
2.7.5 <i>Water Basin</i>	13
2.7.6 <i>Inlet Louver</i>	13
2.7.7 Bahan Pengisi	14
2.8 Klasifikasi <i>Cooling Tower</i>	15
2.9 <i>Wet cooling tower</i>	16
2.9.1 Dry cooling Tower	20
2.9.2 Wet-Dry Cooling Tower	21

BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1. Tempat dan Waktu	22
3.1.1. Tempat	22
3.1.2. Waktu	22
3.2. Bahan dan Alat	23
3.2.1. Bahan	23
3.2.2. Alat	29
3.3. Diagram Alir	36
3.4. Rancangan Penelitian	37
3.5. Prosedur Pembuatan Alat Penelitian	39
3.6. Prosedur Pengujian Alat	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Pembuatan Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower	41
4.1.1. Membuat Instrument Pengukuran <i>Temperature</i>	41
4.1.2. Membuat Rumah Rangkaian Sensor Termokopel	48
4.2 Hasil Pengujian Data Suhu	54
4.2.1 Suhu Air dan Volume Air	54
4.2.2 Pengujian Data	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	66
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Termokopel	4
Gambar 2. 2 Arduino Mega	6
Gambar 2. 3 <i>Software SPSS</i>	7
Gambar 2. 4 Tampilan Pertama SPSS	8
Gambar 2. 5 Data SPSS	8
Gambar 2. 6 Cara Menguji Dengan Distribusi Normal	9
Gambar 2. 7 Cara Menguji Data Dengan Reabilitas	9
Gambar 2. 8 Cara Menguji Dengan Standar Deviasi	10
Gambar 2. 9 <i>Skema Cooling Tower</i>	11
Gambar 2. 10 <i>Range dan approach temperature</i> pada pendingin	11
Gambar 2. 12 Konstruksi <i>Cooling Tower</i>	12
Gambar 2. 13 <i>Range dan approach</i> temperatur pada pendingin	15
Gambar 2. 14 Bahan Pengisi berbentuk film (Ayyam et al., 2018)	15
Gambar 2. 15 <i>Natural draft Cooling Tower</i> aliran <i>Crossflow</i>	17
Gambar 2. 16 <i>Natural Draft Cooling Tower</i> aliran <i>Counterflow</i>	17
Gambar 2. 17 <i>Induced Draft Cooling Tower</i> aliran <i>Counterflow</i>	18
Gambar 2. 18 <i>Induced Draft Cooling Tower</i> Aliran <i>Crossflow</i>	19
Gambar 2. 19 <i>Combined Draft Cooling tower</i>	20
Gambar 3. 1 Papan PCB	23
Gambar 3. 2 Larutan Kimia <i>Ferric Chloride</i> (FeCl ₃)	24
Gambar 3. 3 Timah Solder	24
Gambar 3. 4 Arduino Mega	25
Gambar 3. 5 Kabel USB	25
Gambar 3. 6 Kabel Jumper	26
Gambar 3. 7 Modul MAX6675	26
Gambar 3. 8 Akrilik	27
Gambar 3. 9 <i>Spacer PCB Plastic</i>	27
Gambar 3. 10 <i>Pin Header</i>	28
Gambar 3. 11 Cairan Aseton	28
Gambar 3. 12 Termokopel tipe K	29
Gambar 3. 13 Solder	29
Gambar 3. 14 <i>Multi Taster</i>	30
Gambar 3. 15 Laptop	30
Gambar 3. 16 <i>Software Proteus 8</i>	31
Gambar 3. 17 Obeng	31
Gambar 3. 18 Pisau Potong Akrilik	32
Gambar 3. 19 Bor Tunner	32
Gambar 3. 20 Tang Potong	33
Gambar 3. 21 Claim C	33
Gambar 3. 22 Penggaris Besi	34
Gambar 3. 23 Obeng	34
Gambar 3. 24 Kertas Pasir	35
Gambar 3. 25 Ember	35
Gambar 3. 27 Diagram Alir	36
Gambar 3. 28 <i>Layout Papan PCB</i>	37
Gambar 3. 29 Rangkaian Sensor	37
Gambar 3. 30 Pembuatan Rumah Rangkaian Sensor	38

Gambar 4. 1 Rangkaian MAX6675 Dengan Arduino	41
Gambar 4. 2 Program Arduino	42
Gambar 4. 3 Pembuatan <i>Layout</i> PCB	42
Gambar 4. 4 Pemindahan <i>Layout</i> Ke Papan PCB	43
Gambar 4. 5 Pencucian Kertas <i>Layout</i>	43
Gambar 4. 6 Pelarutan <i>Layout</i>	44
Gambar 4. 7 Pengecekan <i>Layout</i> Menggunakan <i>Multi Tester</i>	44
Gambar 4. 8 Melubangi Papan PCB	45
Gambar 4. 9 Pemasangan Dan Penyolderan Pin Header Ke Papan PCB	45
Gambar 4. 10 Pemasangan Arduino Ke Papan PCB	46
Gambar 4. 11 Pemasangan Kabel <i>Jumper</i>	46
Gambar 4. 12 Pemasangan Modul <i>MAX6675</i>	47
Gambar 4. 13 Pengecekan Rangkaian	47
Gambar 4. 14 Pematangan Akrilik	48
Gambar 4. 15 Perakitan Rumah Rangkaian Sensor	49
Gambar 4. 16 Pemasangan Rangkaian Sensor Ke Rumah Dudukan Sensor	49
Gambar 4. 17 Pemasangan Rangkaian Sensor Ke Cooling Tower	50
Gambar 4. 18 Pemasangan Sensor Ke Wet Cooling Tower	50
Gambar 4. 19 Letak Sensor <i>fill</i> Bulat, (a) tingkat satu, (b) tingkat dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat	51
Gambar 4. 20 Letak Sensor <i>fill</i> Kotak (a) tingkat satu, (b) tingkat dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat	52
Gambar 4. 21 Letak Sensor <i>fill</i> Segitiga (a) tingkat satu, (b) tingkat dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan	22
Tabel 3. 2 Spesifikasi Laptop	30
Tabel 3. 3 spesifikasi bor <i>tunner</i>	32
Tabel 4. 1 Distribusi Normal <i>Fill</i> Bulat	56
Tabel 4. 2 Distribusi Normal <i>Fill</i> Kotak	56
Tabel 4. 3 Distribusi Normal <i>Fill</i> Segitiga	56
Tabel 4. 4 Distribusi Normal <i>Fill</i> Kalibrasi	57
Tabel 4. 5 Standar Deviasiasi <i>Fill</i> Bulat	58
Tabel 4. 6 Standar Deviasiasi <i>Fill</i> Kotak	58
Tabel 4. 7 Standar Deviasiasi <i>Fill</i> Segitiga	58
Tabel 4. 8 Standar Deviasiasi Kalibrasi	58
Tabel 4. 9 Reliabilitas <i>Fill</i> Bulat	59
Tabel 4. 10 Reliabilitas <i>Fill</i> Kotak	59
Tabel 4. 11 Reliabilitas <i>Fill</i> Segitiga	59
Tabel 4. 12 Reliabilitas Kalibrasi	60

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cooling tower atau dalam bahasa Indonesia adalah menara pendingin merupakan pendingin yang sering kita jumpai di pabrik-pabrik, mall, atau tempat besar lainnya. Fungsi dari *cooling tower* ini sebagai alat yang mampu mendinginkan air panas dari kondensor menggunakan cara kontak langsung dengan udara secara paksa menggunakan kipas. Pada prinsipnya, perpindahan panas pada *cooling tower* terjadi diantara air dan udara sebagai pendinginnya, dimana udara dan air kontak secara langsung secara terus menerus

Cooling tower adalah alat utama yang digunakan untuk mendinginkan air panas dari kondensor dan melepaskan panas ke atmosfer di pembangkit listrik. Suhu dipertahankan sebagai kondisi keren seperti aslinya. Salah satu komponen dari *cooling tower* adalah *filler*. Sebuah studi eksperimental untuk mengevaluasi perpindahan panas dan massa koefisien dilakukan. Korelasi perpindahan panas dikembangkan variabel baru didefinisikan. Pengaruh parameter pengontrol seperti kisaran suhu, laju penolakan panas, efektivitas telah dianalisis. Itu Hasil menunjukkan bahwa karakteristik menara meningkat dengan meningkatnya kecepatan udara dingin, dengan variasi *filler*, karakteristik tower tertinggi didapatkan dari susunan *wave fill*.(Novianarenti & Setyono, 2019)

Dalam dunia industri, air pendingin sangat dibutuhkan sekali sebagai media untuk melakukan pertukaran panas antara fluida yang panas dengan air pendingin (air dingin), berlangsungnya pertukaran panas tersebut terjadi didalam suatu *heat exchanger* atau lebih spesifik disebut dengan *cooler*. Terjadi pertukaran panas tersebut menyebabkan air dingin mengalami perubahan temperatur, dimana temperatur air pendingin menjadi naik karena disebabkan oleh panas yang dibawa oleh suatu fluida yang panas diserap oleh air(Laksanawati et al., 2022)

Kegunaan utama dari *cooling tower* adalah untuk membuang panas yang diserap akibat sirkulasi air sistem pendingin. Jika suatu pabrik tidak menggunakan *cooling tower* dan menggunakan air pendingin sekali pakai maka air yang hangat

akan dibuang ke danau atau sungai, ini akan menyebabkan perusakan ekosistem lingkungan sekitar.

Cooling tower banyak digunakan dalam industri kimia untuk mendinginkan air dengan udara yang rentan terhadap perubahan cuaca tidak hanya siang hari, namun juga sepanjang tahun, sehingga menimbulkan tantangan pada desain dan pengoperasian *cooling tower*. (Pontes et al., 2019)

Sekarang telah berkembang sensor-sensor digital dalam dunia instrumentasi. Seiring dengan hal itu juga berkembang *Internet Of Things* (IOT) yang merupakan sistem *wireless update* data secara *real-time*. (M et al., 2022)

Dari uraian diatas maka saya mencoba melakukan penelitian sebagai tugas akhir saya yang berjudul “Pembuatan *Instrumen* Pengukuran *Temperature* Pada *Wet Colling Tower*”

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah bagaimana Pembuatan Instrumen Pengukuran Temperature Pada *Wet Colling Tower* yang Baik Dan Benar.

1.3 Ruang Lingkup

Untuk dapat melakukan pembahasan secara lebih terarah dan sistematis serta mudah dalam pemahaman, maka penelitian ini diberikan batasan-batasan, diantaranya:

1. Penggunaan alat ukur Suhu kepada *wet cooling tower* *cooling tower*.
2. Penggunaan termokopel berbasis arduino.
3. Penggunaan Arduino mega pada *instrument* pengukuan *Wet Cooling Tower*.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas sarjana ini adalah untuk mengetahui pembuatan instrumen pengukuran temperature pada *wet colling tower* yang layak untuk dioperasikan.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian ini adalah:

- a. Untuk pembuatan *intrument* pengukuran *temperature* pada *wet cooling tower*.
- b. Untuk menguji *instrument* pengukuran pada *Wett cooling Tower*
- c. Untuk mengetahui hasil data dari *intrument temperature* pada *wet cooling tower* sudah memenuhi standar secara statistik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan refrensi bagi penelitian selanjutnya terutama yang berkaitan dengan pembuatan *instrument* pengukuran *temperature* pada *wet colling tower*
- b. Untuk mengembangkan ide dalam pembuatan instrumen pengukuran *temperature* pada *wet colling tower* dengan baik dan benar, sehingga menjadi bahan pembelajaran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB 2

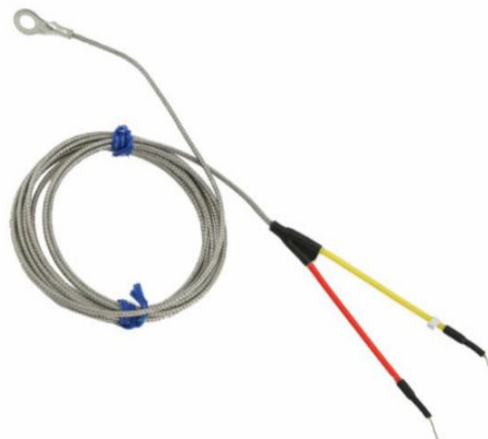
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Suhu Termokopel

Temperatur adalah salah satu parameter penting dalam setiap aspek kehidupan, sehingga pengukuran temperatur yang akurat sangat diperlukan. Data akuisisi temperatur menggunakan termokopel tipe-K dan modul MAX6675 digunakan oleh para peneliti karena harganya yang murah dan ketersediaannya yang banyak di pasaran. (Septiana et al., 2019)

2.1.1 Termokopel

Termokopel merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur. Termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversiannya dapat secara digital. Konsep kerja dasar termokopel pertama kali ditemukan oleh Seebeck (1821) yang menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Bila suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah logam yang tidak sejenis dan bila temperatur pada sambungan-sambungan dari kedua kawat tersebut tidak sama, maka akan ada gaya listrik (Santoso & Ruslim, 2019). Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Termokopel

Termokopel merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam (Wendri et al., 2012)

Terdapat jenis-jenis termokopel yang sering digunakan yaitu:

a. Tipe K

Sering digunakan untuk ruang bakar seperti boiler, reformer, *high temperature steam* dan lain-lain. Kabelnya berwarna kuning untuk positif dan merah untuk negatif dengan *range* -260 °C hingga 1200 °C

b. Tipe E

Biasanya digunakan untuk temperatur rendah dengan *output* (68 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)

c. Tipe N

Mempunyai kelebihan yang stabil dan tahanan tinggi terhadap oksidasi, menjadikannya cocok untuk mengukur suhu tinggi tanpa platinum

d. Tipe J

Tipe ini bisa dibilang kurang populer dibandingkan tipe K. Rentangnya terbatas kisarannya -40 hingga 750 °C

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. Sama halnya dengan sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai masukan analog pada sebuah sistem kendali (Noviyanti & Hufri, 2020), Menghubungkan semua *thermocouple* dengan alat pembaca *thermocouple* (Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, 2023)

2.1.2 Termokopel Tipe K

Termokopel tipe K digunakan pada penelitian ini karena mempunyai Batasan pembacaan suhu dalam rentang suhu -200°C sampai 1200°C. Selain itu, termokopel tipe K merupakan termokopel yang paling populer dan sering digunakan untuk tujuan umum, dengan harga yang lebih murah serta mudah didapat di Indonesia dibandingkan termokopel tipe lainnya. (Chaln Chavez & Guevara Paredes, 2014)

2.1.3 Arduino Mega

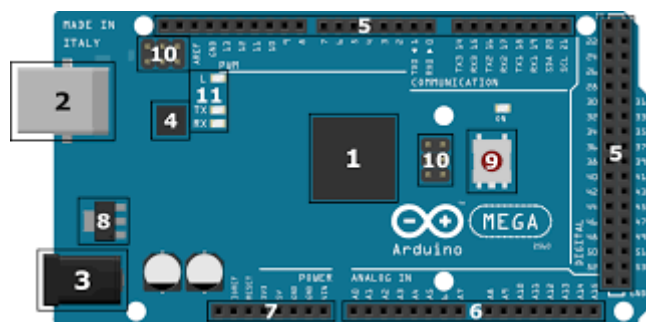
Arduino Mega adalah *board* mikrokontroler berbasis Atmega2560 (datasheet). Memiliki 54 pin *input* dan *output digital* dimana 15 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 16 pin *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi *USB*, *jack power*, *ISCSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

Setiap 54 pin digital pada *arduino mega* dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi *Mode*, *digitalwrite*, dan *digital read*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi ditegangan 5 volt, setiap (Ii, 2013)

Arduino mega memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- Papan mikrokontroler ini relatif murah
- Sederhana dan mudah pemrogramannya, karena bahasa yang dipakai bukanlah *assembler* yang relatif sulit
- *Conectornya* berupa USB sehingga mudah digunakan

Dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Aduino Mega

2.1.4 Modul MAX 6675

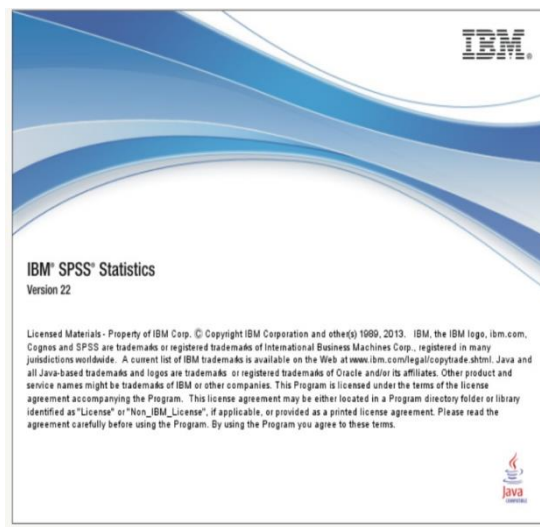
MAX6675 adalah salah satu dari sekian banyak modul yang kompatibel dengan *adruino* dan dapat berperan sebagai kompensasi *cold junction* termokopel tipe-K. *MAX6675* dipilih dari sekian banyak modul karena *range* pengukurannya yang besar yaitu dapat mengukur suhu pada *hot junction* 0 °C sampai 1024 °C.

Termokopel bekerja berdasarkan hukum *Seebeck*, dimana apabila dua material konduktor ujungnya dan terdapat perbedaan temperatur antara kedua ujungnya, maka akan timbul *electromotive force* yang besarnya sebanding dengan perbedaan temperatur pada kedua ujung dan koefisien *seebeck* material penyusun termokopel tersebut. Apabila pada kondisi *ambient* dimana hampir tidak ada perbedaan suhu antara *hot junction* dan *cold junction*, MAX6675 mengukur nilai temperatur secara akurat, maka sensor MAX6675 dapat diaplikasikan untuk mengukur perbedaan suhu lebih besar.(Septiana et al., 2019)

2.2 Software SPSS (Statistical Product and Service Solutions)

2.2.1 Pengertian Software SPSS

SPSS adalah sebuah program aplikasi yang memiliki kemampuan analisis statistik cukup tinggi serta sistem manajemen data pada lingkungan grafis dengan menggunakan menu-menu deskriptif dan kotak-kotak dialog yang sederhana sehingga mudah untuk dipahami cara pengoperasiannya. SPSS banyak digunakan dalam berbagai riset pemasaran, pengadilan dan perbaikan mutu (*quality improvement*), serta riset-riset sains.(Basuki, 2014).

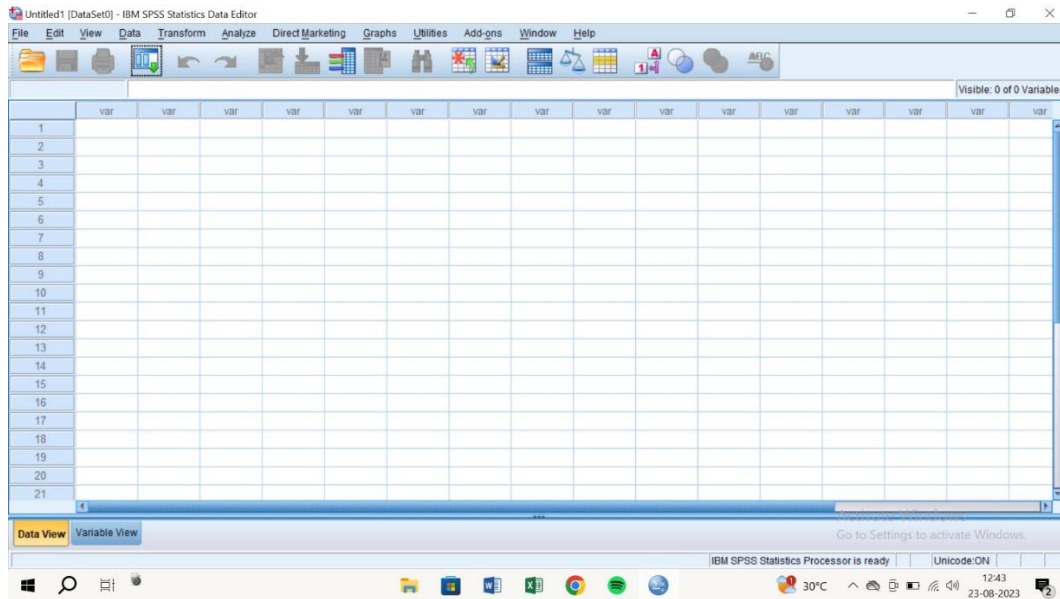


Gambar 2. 3 Software SPSS

2.2.2 Cara menggunakan *Software SPSS*

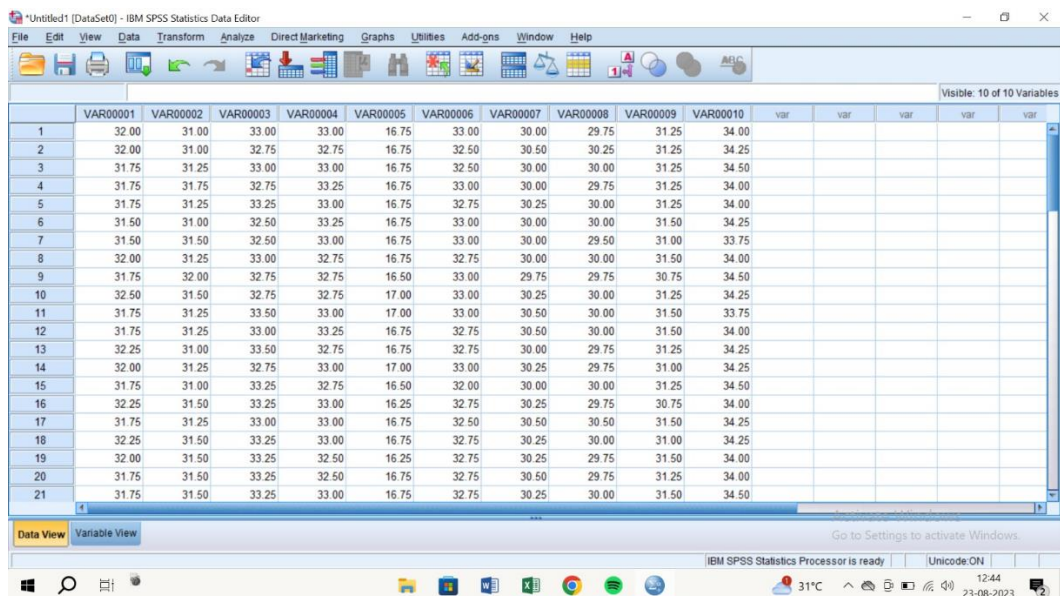
1. Cara menggunakan *software SPSS* cukup mudah, yaitu membuka aplikasi SPSS.

Dapat dilihat pada gambar 2.4



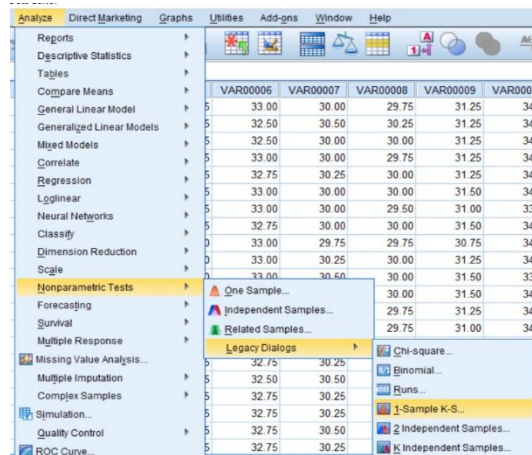
Gambar 2. 4 Tampilan Pertama SPSS

2. Masukkan data yang ingin di uji, dengan cara *copy* dan *paste* ke kolom SPSS.
Dapat dilihat pada gambar 2.5.



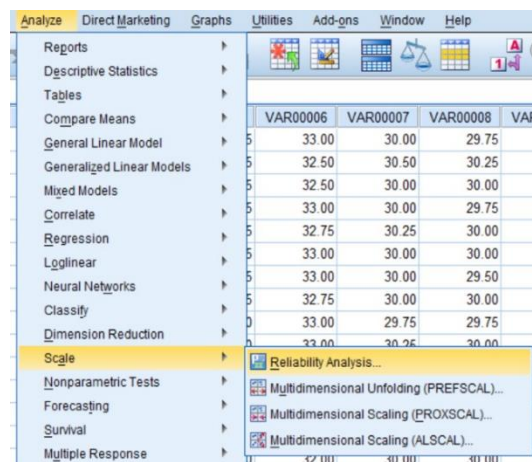
Gambar 2. 5 Data SPSS

3. Jika ingin menguji data distribusi normal, klik pada menu *Analyze*, lalu klik *Nonparametric Tests*, lalu klik *Legacy Dialogs* dan klik *1-Sample K-S*, setelah itu masukkan data yang ingin diuji. Dapat dilihat pada gambar 2.6.



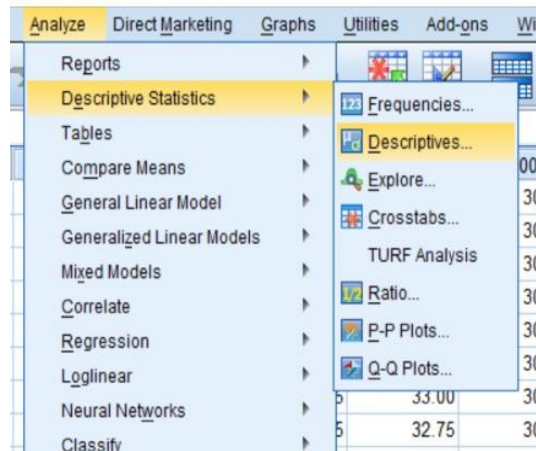
Gambar 2. 6 Cara Menguji Dengan Distribusi Normal

4. Jika ingin menguji data dengan reliabilitas, klik pada menu *Analyze*, lalu klik *Scale*, lalu klik *Realiabilitas Analysis*, dan masukkan data yang ingin diuji. Dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Cara Menguji Data Dengan Reabilitas

5. Jika ingin menguji data dengan standar deviasi, klik pada menu *Analyze*, lalu klik *Descriptive Statistics*, lalu klik *Descriptives*, lalu masukkan data yang ingin di uji. Dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Cara Menguji Dengan Standar Deviasi

2.3 Cooling Tower

Menara pendingin atau *cooling tower* adalah alat penghilang panas yang dapat dioperasikan untuk memindahkan panas buangan ke atmosfer. Umumnya menara pendingin digunakan untuk mendinginkan air yang dialirkan pusat dan pendinginan gedung. Proses produksi di dunia industri menggunakan banyak mesin skala besar. Proses mesin-mesin tersebut menghasilkan panas sebagai pembuang panas disekitar lingkungan, sehingga mempunyai peranan yang sangat penting di dunia industri. (Irawan, 2022)

2.4 Fungsi Cooling Tower

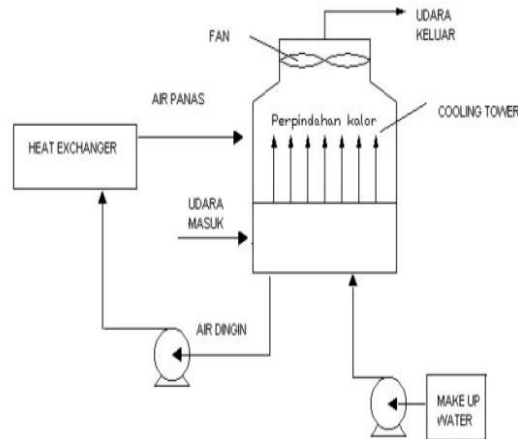
Cooling tower sangat dibutuhkan oleh industri sebab *cooling tower* merupakan bagian dari utilitas yang banyak digunakan. Dimana *cooling tower* memproses air panas menjadi air dingin yang digunakan kembali dan bisa dirotasikan. *Cooling tower* juga salah satu yang berfungsi mengolah air untuk mengatasi masalah polusi lingkungan.

2.5 Prinsip Kerja Cooling Tower

Prinsip kerja *cooling tower* berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Perpindahan kalor pada *wet cooling tower* berlangsung dari air ke udara (Samola et al., 2022)

Cooling tower adalah suatu sistem refrigerasi yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* bekerja dengan cara mengontakkan air dengan udara dan

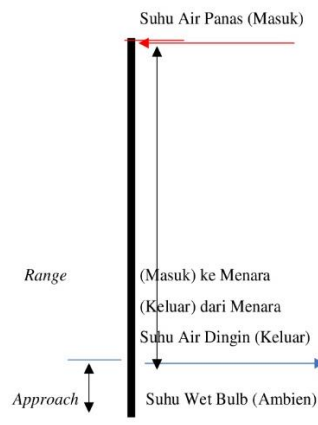
menguapkan sebagian air tersebut. Luas permukaan air yang besar dibentuk untuk menyempatkan air lewat nozel atau memercikan air kebawah dari suatu bagian ke bagian lainnyaa. Bagian-bagian atau bahan-bahan pengisi biasanya terbuat dari plat-plat aluminium.(Ii & Pustaka, 2002). Dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Skema Cooling Tower

2.6 Defenisi *Cooling Tower*

Cooling tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah air dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Dalam kebanyakan menara pendingin yang bekerja pada sistem pendingin udara menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal ke atas melintasi menara. Prestasi *cooling tower* biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach* seperti terlihat pada gambar berikut.(Rizkiya, 2019). Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 10 Range dan approach temperature pada pendingin

Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk menara pendingin dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower* atau selisih antara suhu air panas dan suhu air dingin, sedangkan *approach* adalah perbedaan antara temperatur air keluar menara atau selisih antara suhu air dingin dan temperatur bola basah (*wet bulb*) dari udara atmosfer.

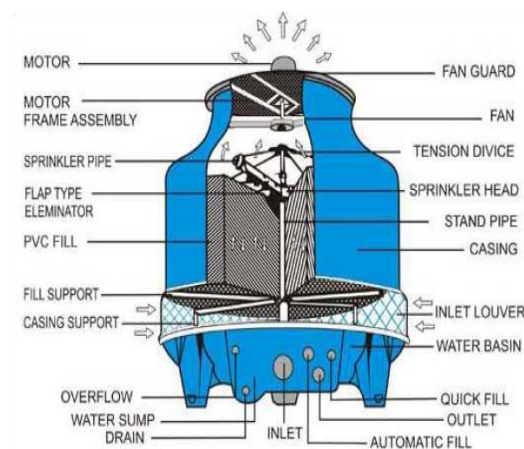
Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar *cooling tower* dan suhu wet bilb ambient. Saat kondisi *approach* rendah maka semakin baik performa menara pendingin. *Range* dan *approach* tetap dipantau “*approach*” adalah indikator yang lebih baik untuk kinerja *cooling tower*.(Handoyo, 2015)

Temperatur udara umumnya diukur dengan menggunakan termometer biasa yang sering dikenal sebagai temperatur bola kering (*dry bulb temperature*), sedangkan temperatur bola basah (*wet bulb temperatur*) adalah temperatur yang bolanya diberi kasa basah, sehingga jika air menguap dari kasa dan bacaan suhu pada termometer menjadi lebih rendah dari pada temperatur bola kering.

Penguapan akan berlangsung lamban pada kelembaban tinggi dan temperatur bola basah identik dengan temperatur bola kering. Namun pada kelembaban rendah sebagai air akan menguap, jadi temperatur bola basah akan semakin jauh perbedaannya dengan temperatur bola kering.

2.7 Konstruksi *Cooling Tower*

Adapun kontruksi *cooling tower* jenis *induced draft* aliran *counterflow* sebagai berikut:



Gambar 2. 11 Konstruksi *Cooling Tower*

Konstruksi *cooling tower* secara garis besar terdiri atas:

2.7.1 Fan

Fan merupakan bagian penting dari sebuah *cooling tower* karena berfungsi untuk menarik udara dingin dan mesirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air. Jika *fan* tidak berfungsi maka kinerja *cooling tower* tidak akan optimal. *Fan* digerakkan oleh listrik yang dikopel langsung dengan poros kipas.

2.7.2 Kerangka Pendukung *Cooling tower*

Kerangka pendukung *cooling tower* berfungsi untuk mendukung *cooling tower* agar dapat berdiri kokoh dan tegak. Kerangka pendukung terbuat dari baja

2.7.3 Casing Cooling Tower

Casing cooling tower harus memiliki ketahanan yang baik terhadap segala cuaca dan umur (*life time*) yang lama. *Casing* terbuat dari seng atau lastik.

2.7.4 Pipa Sprinkler

Pipa *spinkler* merupakan pipa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air secara merata pada *cooling tower*, sehingga perpindahan kalor air dapat menjadi efektif dan efisien. Pipa *sprinkler* dilengkapi dengan lubang-lubang kecil untuk menyalurkan air.

2.7.5 Water Basin

Water basin berfungsi sebagai penampung air sementara yang jatuh dari *filling material* sebelum disirkulasikan kembali ke kondensor. *Water basin* terbuat dari seng.

2.7.6 Inlet Louver

Inlet louver berfungsi sebagai tempat masuknya udara melalui lubang-lubang yang ada. Melalui *inlet louver* akan terlihat kualitas dan kuantitas air yang akan didistribusikan. *Inlet louver* terbuat dari seng.

2.7.7 Bahan Pengisi

Bahan pengisi merupakan bagian dari *cooling tower* yang berfungsi untuk mencampurkan air yang jatuh dengan udara yang bergerak naik. Air masuk yang mempunyai suhu yang cukup tinggi akan diseprotkan ke bahan pengisi. Pada bahan pengisi inilah air yang mengalir turun ke *water basin* akan bertukar kalor dengan udara segar dari atmosfer yang suhunya (28°C). Oleh sebab itu, bahan pengisi harus dapat menimbulkan kontak yang baik antara air dan udara agar terjadi laju perpindahan kalor yang baik. Bahan pengisi harus kuat, ringan dan tahan lapuk.

Bahan pengisi ini mempunyai peranan sebagai memecah air menjadi butiran-butiran tetes air dengan maksud untuk memperluas permukaan pendinginan sehingga proses perpindahan panas dapat dilakukan se-efisien mungkin

Bahan pengisi ini umumnya terdiri dari 2 jenis lapisan:

a. *1st level packing*

Bahan pengisi lapisan atas yang mempunyai celah sarang lebah lebih besar dimaksudkan untuk pendinginan tahap pertama. Fluida yang akan didinginkan pertama kali dialirkan ke lamella ini.

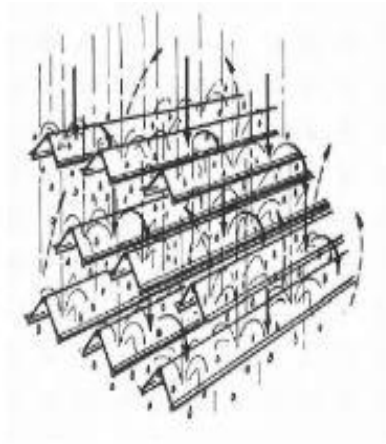
b. *2nd level packing*

Bahan pengisi yang lebih lembut untuk *second stage* pendinginan. Pabrikan *package cooling tower* umumnya merancang *filling material* pada stage ini lebih tebal sehingga dapat menampung kapasitas fluida yang lebih banyak.

Jenis bahan pengisi dibagi menjadi:

a. Bahan pengisi jenis percikan (*splash fill*)

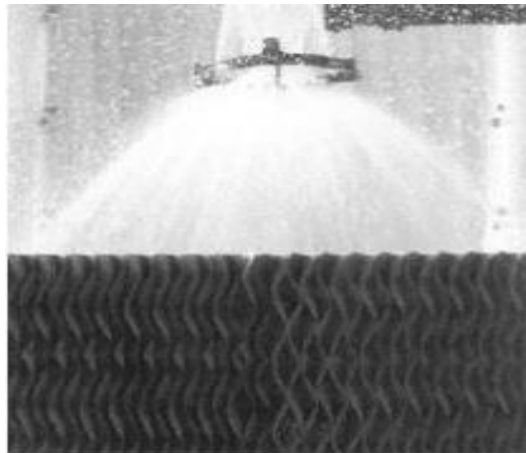
Bahan pengisi berbentuk percikan/Splash fill: Air jatuh diatas lapisan yang berurut dari batang pemercik horisontal, secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Bahan pengisi percikan dari plastik memberikan perpindahan panas yang lebih baik daripada bahan pengisi percikan dari kayu. Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 12 Range dan approach temperatur pada pendingin

b. Bahan pengisi jenis film (*Film fill*)

Bahan pengisi ini terdiri dari permukaan plastik tipis dengan jarak yang berdekatan dimana di atasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. Permukaannya dapat berbentuk datar, bergelombang, berlekuk, atau pola lainnya. Jenis bahan pengisi film lebih efisien dan memberi perpindahan panas yang sama dalam volume yang lebih kecil daripada bahan pengisi jenis splash. Dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 13 Bahan Pengisi berbentuk film (Ayyam et al., 2018)

2.8 Klasifikasi *Cooling Tower*

Terdapat dua klasifikasi *cooling tower*, pada umumnya pengklasifikasian *cooling tower* dibedakan berdasarkan sirkulasi air di dalamnya. Jenis *cooling tower* ada tiga, yaitu:

1. *Wet cooling tower*
2. *Dry cooling tower*
3. *Wet-dry cooling tower*

2.9 *Wet cooling tower*

Wet cooling tower mempunyai sistem distribusi air panas yang disemprotkan secara merata ke kisi-kisi, lubang-lubang atau batang-batang horizontal pada sisi menara yang disebut isian. Udara masuk dari luar menara melalui kisi-kisi yang terbentuk celah-celah horizontal yang terpancang pada sisi menara. Celah ini biasanya mengarah miring ke bawah supaya air tidak keluar.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja menara pendingin adalah kondisi distribusi aliran air dan udara pada menara pendingin. Semakin merata aliran udara dan air, kinerja menara pendingin semakin membaik.(Mursadin, 2022)

Pertemuan antara air dan udara menyebabkan terjadinya perpindahan kalor sehingga air menjadi dingin. Air yang telah dingin itu berkumpul di kolam atau bak di dasar menara dan dari situ diteruskan ke dala kondensor atau dibuang keluar, sehingga udara sekarang kalor dan lembab keluar dari atas menara.

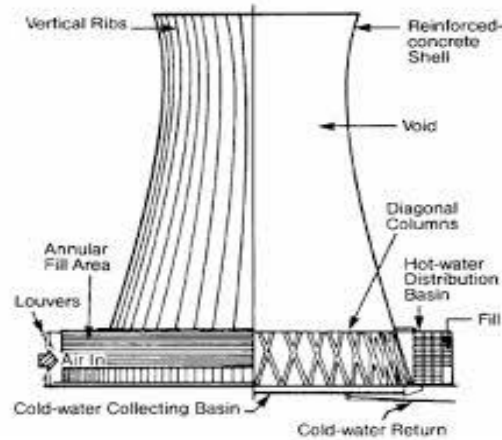
Wet cooling tower dapat dibagi menjadi:

1. *Natural Draft Cooling Tower*

Natural draft *cooling tower* tidak menggunakan kipas (*fan*). Aliran udaranya bergantung semata-mata pada tekanan dorong alami. Pada natural draft *cooling tower* tidak ada bagian yang bergerak, udara mengalir ke atas akibat adanya perbedaan massa jenis antara atmosfer dengan udara kalor lembab di dalam *cooling tower* yang bersuhu lebih tinggi daripada udara atmosfer di sekitarnya.

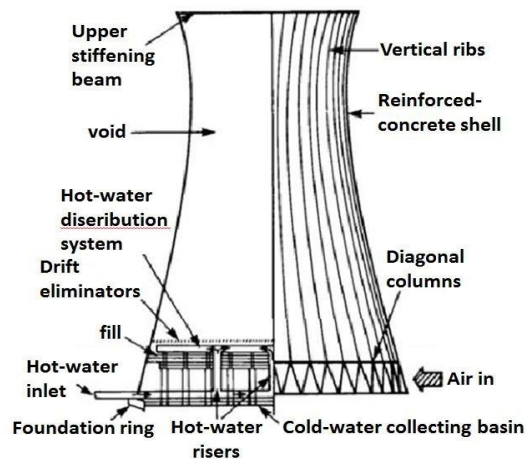
Untuk menentukan mekanisme efek dari saluran udara, distribusi kecepatan udara, dan suhu air pada beberapa bagian menara yang representatif dianalisis dalam kondisi tanpa angin dan angin bersilang(Chen et al., 2019). Dapat dilihat pada gambar 2.6 dan 2.7.

c. *Natural draft Cooling Tower aliran Crossflow*



Gambar 2. 14 Natural draft Cooling Tower aliran Crossflow

d. *Natural Draft Cooling Tower aliran Counterflow*



Gambar 2. 15 Natural Draft Cooling Tower aliran Counterflow

2. *Mechanical Draft Cooling Tower*

Sistem *mechanical draft cooling tower* dilengkapi dengan satu atau beberapa kipas (*fan*) yang digerakkan secara mekanik sehingga dapat mengalirkan udara. Berdasarkan fungsi kipas yang digunakan coling tower aliran angin mekanik dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- a. Tipe aliran angin dorong (*forced draft*)
- b. Tipe aliran angin tarik (*induced draft*)

Aliran udara masuk menara pada dasarnya horizontal, tetapi aliran di dalam bahan pengisi ada yang horizontal seperti yang terdapat pada *cooling tower* aliran silang (*cross flow*) dan ada pula yang vertikal seperti *cooling tower* aliran lawan arah (*counter flow*). Aliran lawan arah lebih sering dipakai dan dipilih karena efesiensi termalnya lebih baik daripada aliran silang.

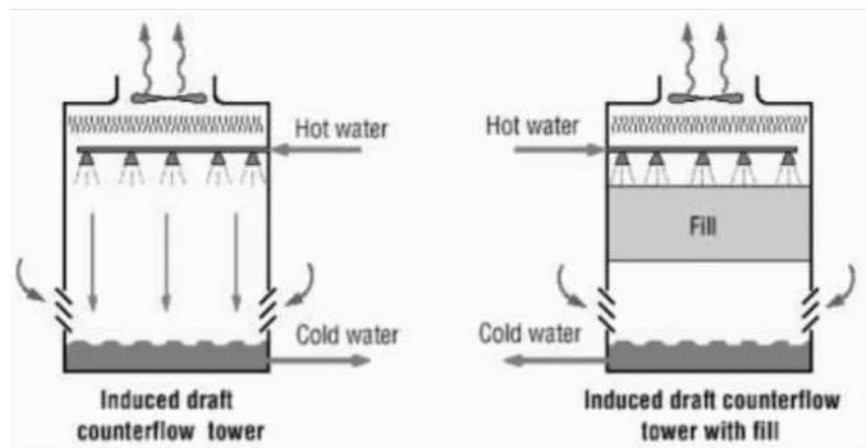
Aliran udara dapat memasuki menara bawah angin dari menara angin, bahkan mengalir keluar dari saluran masuk udara menara bawah angin dalam kondisi angin silang dan distribusi aliran udara menjadi lebih seragam di grup menara (Deng et al., 2022)

Keunggulan *mechanical draft cooling tower* adalah:

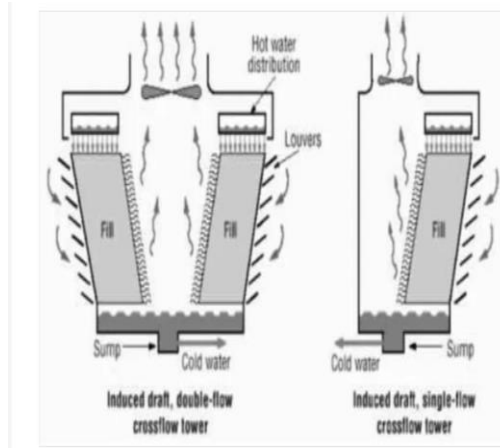
1. Terjaminnya jumlah aliran udara dalam jumlah yang diperlukan pada segala kondisi beban dan cuaca.
2. Biaya investasi dan konstruksinya lebih rendah.
3. Ukuran dimensinya lebih kecil.

Kelemahan *mechanical draft cooling tower* adalah:

1. Kebutuhan daya yang besar.
2. Biaya operasi dan pemeliharannya yang besar
3. Bunyinya lebih ribut



Gambar 2. 16 *Induced Draft Cooling Tower* aliran *Counterflow*



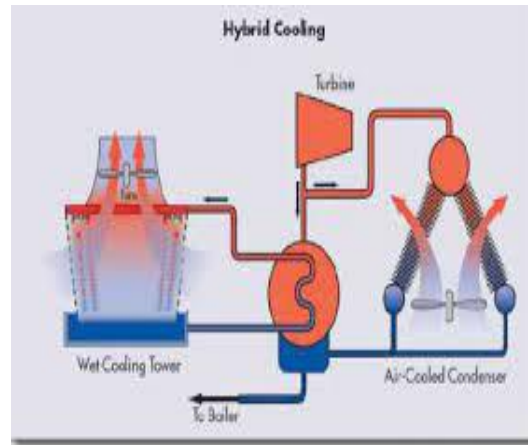
Gambar 2. 17 *Induced Draft Cooling Tower Aliran Crossflow*

3. *Combined Draft cooling Tower*

Natural draft cooling tower biasanya mempunyai ukuran yang besar dan membutuhkan lahan yang luas, tetapi dengan konsumsi daya dan biaya operasi yang kecil. Sebaliknya *mechanical draft cooling tower* ukurannya lebih kecil, namun membutuhkan daya yang besar. Oleh sebab itu, kedua hal tersebut digabungkan di dalam *combined draft cooling tower*. Menara ini disebut juga cooling tower hiperbola berkipas (*fan assisted hyperbolic*).

Perpindahan panas yang berlebihan di *cooling tower* menyebabkan tidak hanya kehilangan penguapan yang besar, tetapi juga difus kabut hujan yang membawa masalah difus bakteri dan pencemaran lingkungan. Sebuah *cooling tower* menggunakan strategi pertukaran panas gabungan multi unit dan pengepakan penukar panas. (Yu et al., 2021)

Menara hibrida terdiri dari cangkang beton, tetapi ukurannya lebih kecil dimana diameternya sekitar dua persegitiga diameter menara aliran angin mekanik. Di samping itu, terdapat sejumlah kipas listrik yang berfungsi untuk mendorong angin. Menara ini dapat dioperasikan pada musim dingin tanpa menggunakan kipas, sehingga lebih hemat listrik. Dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 18 *Combined Draft Cooling tower*

2.9.1 Dry cooling Tower

Dry cooling tower adalah *cooling tower* yang air sirkulasinya dialirkan di dalam tabung-tabung bersirip yang dialiri udara. Semua kalor yang dikeluarkan dari air sirkulasi diubah. *Dry cooling tower* dirancang untuk dioperasikan dalam ruang tertutup.

Cooling tower jenis ini banyak mendapat perhatian akhir-akhir ini karena keunggulannya yaitu:

1. Tidak memerlukan pembersihan berkala sesering *cooling tower* basah.
2. Tidak memerlukan zat kima aditif yang banyak.
3. Memenuhi syarat peraturan pengolahan lingkungan mengenai pencemaran termal dan pencemaran udara pada lingkungan.

Meskipun begitu, *cooling tower* kering mempunyai beberapa kelemahan, yaitu efesiensinya lebih rendah, sehingga mempengaruhi efisiensi siklus keseluruhan.

Dapat diperoleh bahwa dengan adanya angin alami ambien, deflektor yang diusulkan dapat memperpanjang efek positif dari angin alami, yang menyebabkan penurunan suhu keluar air yang bersirkulasi dan tekanan balik turbin.(Wu et al., 2019)

2.9.2 Wet-Dry Cooling Tower

Wet-dry cooling tower merupakan gabungan antara *dry cooling tower* dan *wet cooling tower*. *Cooling tower* ini mempunyai dua jalur udara paralel dan dua jalur udara seri.

Bagian atas menara di bawah kipas adalah bagian kering yang berisi tabung-tabung berpesirip. Bagian bawah adalah ruang yang lebar yang merupakan bagian yang basah yang terdiri dari bahan pengisi (*filling material*). Air sirkulasi yang panas masuk melalui kepala yang terletak di tengah. Air mula-mula mengalir naik turun melalui tabung bersirip di bagian kering, kemudian meninggalkan bagian kering dan jatuh ke isian di bagian basah menuju bak penampung air dingin. Sedangkan udara ditarik dalam dua arus melalui bagian kering dan basah. Kedua arus menyatu dan bercampur di dalam menara sebelum keluar.

Oleh karena arus pertama dipanaskan secara kering dan keluar dalam keadaan yang kering (kelembaban relatif rendah) daripada udara sekitar, sedangkan arus kedua biasanya jenuh.

Wet-dry cooling tower mempunyai keunggulan, yaitu:

1. Udara keluar tidak jenuh sehingga mempunyai kepanasan yang lebih sedikit.
2. Penyusutan karena penguapan jauh berkurang karena air mengalir pendingin awal di bagian kering.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian pembuatan instrumen pengukuran temperature pada *wet cooling tower* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal (susulan) oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan Penelitian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Penganjuan Judul						
2.	Studi Literatur						
3.	Penyediaan Alat dan Bahan						
4.	Pembuatan Intrumen Pengukuran Temperature Pada <i>Wet Cooling Tower</i>						
5.	Penyelesaian Tulisan						
6.	Seminar Hasil						
7.	Sidang						

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Adapun alat yang digunakan untuk pembuatan instrumen pengukuran temperatur pada *wet cooling tower* sebagai berikut:

1. Papan PCB

Papan PCB merupakan papan rangkaian termokopel dengan arduino, papan PCB ini digunakan untuk menghubungkan Arduino ke modul *MAX6675* dengan jalur *layout* yang di disain, papan PCB menggunakan lapisan tembaga yang akan di cetak menjadi jalur *layout* rangkaian sensor. Dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Papan PCB

2. Larutan Kimia *Ferric Chloride* ($FeCl_3$)

Larutan kimia ini untuk melarutkan *layout* PCB untuk melarutkan tembaga yang tidak terpakai pada papan PCB, pelarut menggunakan campuran bahan kimia yaitu campuran antara *Ferric Chloride* ($FeCl_3$), feri klorida atau besi(III) adalah suatu senyawa kima, bila dilarutkan dalam air, klorida mengalami hidrolisis yang merupakan reaksi eksotermis(menghasilkan panas).Hidrolisis ini menghasilkan larutan yang coklat, asam, dan korosif, yang digunakan sebagai pengetsa untuk logam berbasis tembaga pada sirkuit cetak PCB. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Larutan Kimia *Ferric Chloride* (FeCl₃)

3. Timah Solder

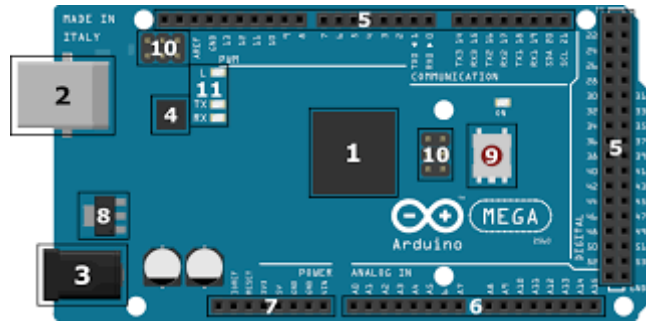
Timah solder merupakan sejenis timah yang terbuat dari pencampuran bahan perak dan timah, timah solder untuk keperluan mematri komponen elektronika sering juga dikenal dengan istilah Alloy. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Timah Solder

4. Aduino Mega

Aduino adalah papan *mikrokontroler*, untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. Dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Arduino Mega

5. Kabel USB

Kabel USB ini biasa digunakan sebagai kabel untuk transfer data antara dua perangkat dan sebagai kabel untuk pemrograman Arduino, kabel USB ini menghubungkan antara Arduino ke laptop. Dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3. 5 Kabel USB

6. Kabel *Jumper Male to Male*

Kabel *jumper* adalah kabel elektrik untuk menghubungkan antar komponen di *breadboard* tanpa memerlukan solder kabel *jumper* umumnya memiliki *cinector* atau pin di masing-masing ujungnya. Dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 Kabel *Jumper*

7. Modul *MAX6775*

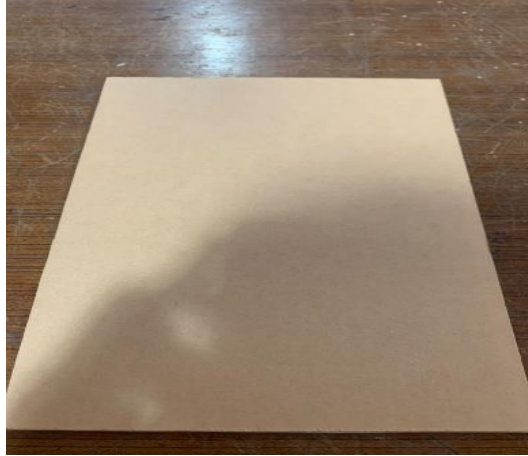
Modul *MAX6675* mengubah tegangan menjadi data digital dengan ADC sebesar 12bit, data yang dikirim dari *MAX6675* adalah berupa data digital dengan komunikasi mirip dengan komunikasi SPI. Modul *MAX6675* mengubah tegangan menjadi data digital dengan ADC sebesar 12 bit, modul *MAX6675* dipasang di *pin header* yang sudah terpasang di papan PCB . Dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Modul *MAX6675*

8. Akrilik

Akrilik digunakan untuk tempat atau rumah rangkaian Arduino pada *Wet Colling Tower*, akrilik menggunakan ketebalan 3 mm dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Akrilik

9. *Spacer PCB Plastic*

Spacer PCB plastic digunakan untuk dudukan Arduino ke papan PCB, sebagai dudukan modul *MAX6675* ke rumah rangkaian, dan untuk pengunci rumah rangkaian. *Spacer PCB* menggunakan bahan plastik agar tidak terjadinya *short* pada rangkaian Arduino. Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 *Spacer PCB Plastic*

10. *Pin Header*

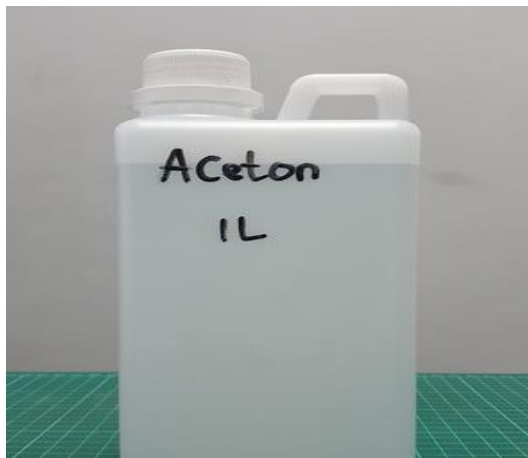
Pin header digunakan untuk menyambungkan Arduino ke papan PCB dan modul *MAX6675* ke papan PCB, menghubungkan Arduino dan PCB menggunakan kabel *jumper male to male*. Untuk modul *MAX6675* dilakukan pengeboran pada papan PCB. Dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Pin Header

11. Cairan Aseton

Cairan aseton atau Bahasa kimianya propanon, ini mengandung campuran kimia yang sangat keras sehingga dapat digunakan untuk melarutkan tinta pada pencetakan rangkaian papan PCB. Dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Cairan Aseton

12. Termokopel Tipe K

Termokopel tipe K digunakan pada rangkaian sensor *wet cooling tower*, termokopel ini mampu membaca suhu dari -200 hingga 1200°C , termokopel menggunakan beberapa ukuran, yaitu 3meter, 2meter dan 40 cm. Dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Termokopel tipe K

3.2.2 Alat

1. Solder

Solder merupakan jenis alat pemanas yang berguna untuk melelehkan timah, ini digunakan untuk menyambung, membongkar, dan merakit komponen elektronik pada papan PCB (*Printed Circuit Board*), solder yang digunakan menggunakan daya 60watt Dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Solder

2. *Multi Taster*

Multi taster adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur lebih dari 1 besaran listrik, alat ini mengukur tiga jenis besaran yaitu arus listrik, tegangan listrik, dan hambatan listrik. Dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Multi Taster

3. Laptop

Laptop digunakan untuk pengambilan, membaca data dan pengujian data data suhu dari rangkaian sensor dihubungkan menggunakan kabel USB, laptop yang digunakan berspesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Laptop

Merk	ACER
Memory	RAM 4 GB, HDD 1 TB
Windows	Windows 8
Proseor	AMD 9
Microsoft	Microsoft 2018



Gambar 3. 15 Laptop

4. *Software Porteus 8 Profesional*

Software porteus digunakan untuk mendesain *layout* rangkaian PCB dan pengecekan jalur *layout* sudah dapat berjalan baik atau belum. Dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3. 16 *Software Proteus 8*

5. Obeng

Obeng digunakan untuk memasang atau melepas baut-baut yang ada pada rangkaian sensor, seperti baut untuk dudukan Arduino ke papan PCB, pemasangan *skun Y* termokopel ke modul *MAX6675*. Dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Obeng

6. Pisau potong akrilik

Pisau potong akrilik digunakan untuk memotong akrilik, dengan cara tekan pisau dan goreskan akrilik kurang lebih setengah dari ketebalan akrilik gunakan penggaris besi sebagai penahan kelurusan potongan, lalu patahkan akrilik secara perlahan yang sudah tergores. Dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Pisau Potong Akrilik

7. Bor *Tunner*

Bor *tunner* digunakan untuk melubangi papan PCB dan akrilik. Dapat dilihat pada Gambar 3.20 dibawah ini.

Tabel 3. 3 spesifikasi bor *tunner*

Type	Q1K-FD-3
Daya	135W
Tegangan Listrik	230 V~50Hz
Kecepatan Putaran	8000 – 30000 RPM



Gambar 3. 19 Bor *Tunner*

8. Tang potong

Tang potong digunakan untuk memotong kawat. Dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Tang Potong

9. *Calim C*

Calim C digunakan untuk menjepit akrilik pada saat pemotongan, agar akrilik diam atau duduk sehingga tidak membahayakan si pemotong, cara kerja *claim C* dengan dijepitkan bahan yang ingin dikerjakan ke pinggir meja, lalu kencangkan dengan putar tuas sampai akrilik benar-benar duduk, jangan terlalu kuat mengencangkannya agar akrilik tidak pecah. Dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3. 21 *Calim C*

10. Penggaris besi

Penggaris besi digunakan untuk mengukur akrilik yang ingin di potong dan sebagai patokan pada saat pemotongan agar pemotongan lurus dan rapih. Dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3. 22 Penggaris Besi

11. Obeng

Obeng digunakan untuk memasang atau melepas baut-baut atau skrup pada papan PCB ke rumah rangkaian, modul *MA6675*, *skun Y* sensor termokopel pada modul *MAX6675*. Dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3. 23 Obeng

12. Kertas Pasir

Kertas pasir digunakan untuk mengamplas atau membersihkan papan PCB sebelum pencetakan rangkaian, dengan cara membasahi papan PCB dan menggunakan sabun, lalu gosok papan PCB dengan searah agar aluminium bersih dan tidak bergaris yang berantakan, lalu cuci kembali papan PCB yang sudah digosok untuk membersihkan kotoran yang sudah larut. Dapat dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3. 24 Kertas Pasir

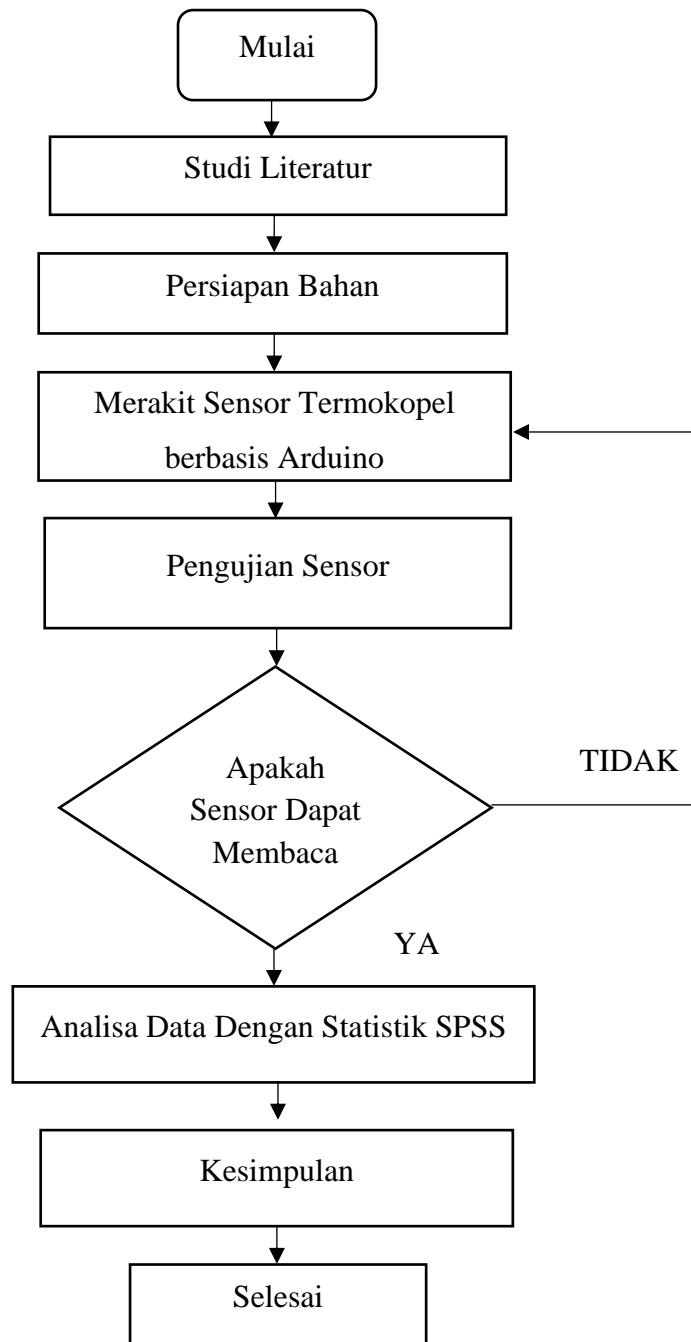
13. Ember

Ember digunakan untuk wadah pada saat melarutkan rangkaian PCB menggunakan pelarut PCB. Dapat dilihat pada Gambar 3.25.



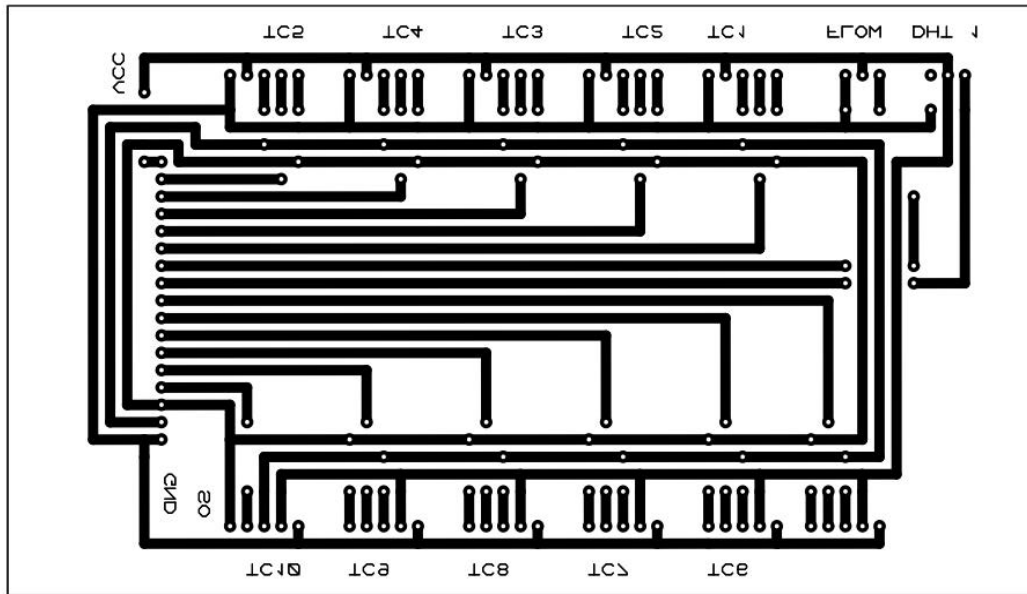
Gambar 3. 25 Ember

3.3. Diagram Alir

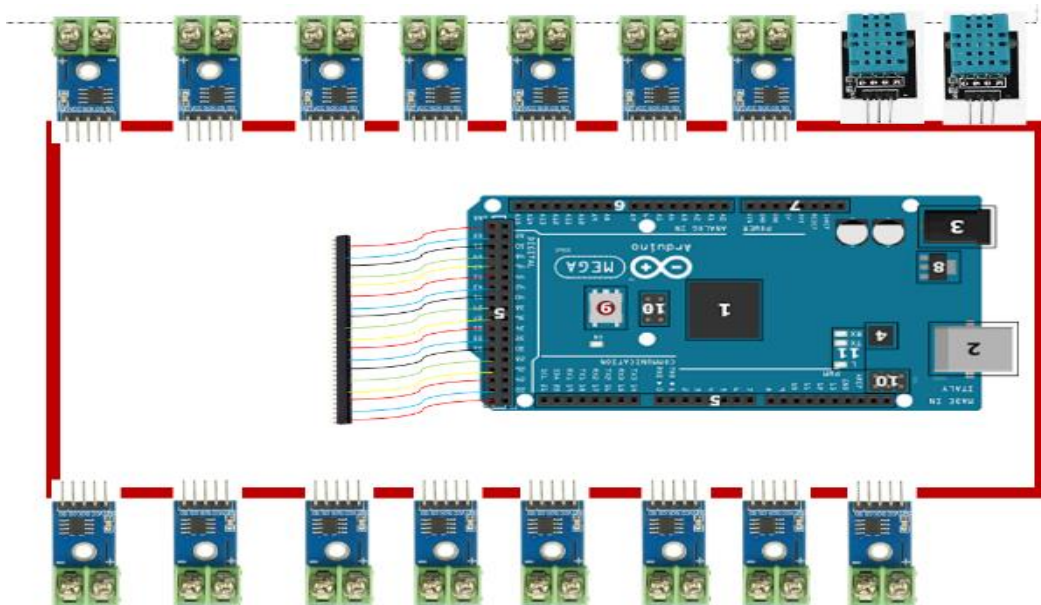


Gambar 3. 26 Diagram Alir

3.4. Rancangan Penelitian



Gambar 3. 27 *Layout Papan PCB*



Gambar 3. 28 Rangkaian Sensor

3.5. Prosedur Pembuatan Alat Penelitian

Prosedur pembuatan *Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower* sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan berupa, papan PCB, pelarut papan PCB, rangkaian papan PCB yang sudah di print dan di fotocopy, cairan aseton, ember, kertas pasir, arduino mega, termokopel kabel jumper *male to male*, *pin header*, modul *MAX6675*, baut plastic, kabel USB, solder, timah solder, selongsong bakar, *skun Y*, tang potong, *heat gun*, tang *press skun*, tang kabel, akrilik, pisau potong akrilik, penggaris.
2. Membuat *layout* sensor termokopel pada papan PCB, menggunakan *software proteus 8*.
3. Mengaplikasikan rangkaian yang sudah di *print* ke papan PCB, menggunakan cairan aseton.
4. Larutkan tinta rangkaian dan timah PCB menggunakan pelarut PCB di ember menggunakan air panas.
5. Lubangi papan PCB sesuai rangkaian dan untuk dudukan arduino.
6. Pasang dan solder *pin header* untuk modul *MAX6675* dan untuk arduino
7. Pasang arduino dan kencangkan menggunakan baut plastik.
8. Pasang modul *MAX6675* ke *pin header*.
9. Pasang kabel jumper dari *pin header* ke arduino sesuai pin.
10. Pasang *skun Y* sensor termokopel ke modul *MAX6675*.
11. Potong akrilik untuk membuat rumah rangkaian sensor
12. Rekatkan akrilik menggunakan lem dan dengan bentuk box
13. Lubangi akrilik untuk mengencangkan dan memasangkan ke *Wet Cooling Tower*.

3.6. Prosedur Pengujian Alat

1. Buka *Microsoft excel* yang sudah tertaut *PLX-DAX*
2. Pastikan sensor sudah terkoneksi pada laptop
3. Hidupkan air yang sudah panas pada *Wet Cooling Tower*
4. Klik *connect* pada *PLX-DAQ*
5. Klik *disconnect* jika data sudah di ambill sesuai waktu yang diinginkan.
6. Selesai

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower

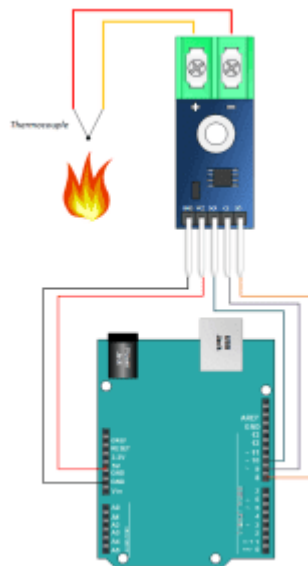
4.1.1. Membuat Instrument Pengukuran *Temperature*

Instrumen pengukuran *temperature* terbentuk dari rangkaian sensor termokopel yang dihubungkan dengan modul *MAX6675* dan Arduino mega, lalu dibaca melalui Arduino.

Sensor dipasang di titik-titik tertentu, dari masuknya air hingga keluarnya air, dan pengambilan data menggunakan laptop atau komputer menggunakan *software Microsoft excel* yang sudah tertaut *PLX-DAQ*

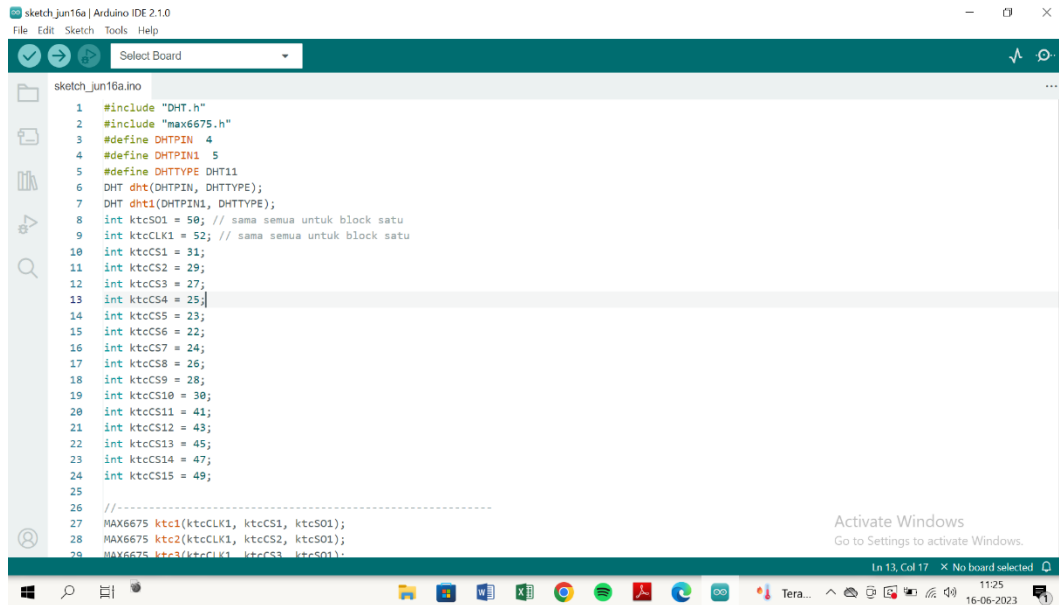
Data suhu yang sudah di ambil, di uji secara statistik menggunakan *software SPSS*, pengujian dilakukan beberapa jenis, seperti distribusi normal, standar deviasi, dan reabilitas.

1. Rangkaian modul *MAX6675*



Gambar 4. 1 Rangkaian *MAX6675* Dengan Arduino

2. Program Sensor Termokopel Dengan Modul MAX6657



```
sketch_jun16a | Arduino IDE 2.1.0
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
sketch_jun16a.ino
1 #include "DHT.h"
2 #include "max6675.h"
3 #define DHTPIN 4
4 #define DHTTYPE DHT11
5 #define DHTTYPE DHT11
6 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
7 DHT dht1(DHTPIN1, DHTTYPE);
8 int ktcS01 = 50; // sama semua untuk block satu
9 int ktcCLK1 = 52; // sama semua untuk block satu
10 int ktcCS1 = 31;
11 int ktcCS2 = 29;
12 int ktcCS3 = 27;
13 int ktcCS4 = 25;
14 int ktcCS5 = 23;
15 int ktcCS6 = 22;
16 int ktcCS7 = 24;
17 int ktcCS8 = 26;
18 int ktcCS9 = 28;
19 int ktcCS10 = 30;
20 int ktcCS11 = 41;
21 int ktcCS12 = 43;
22 int ktcCS13 = 45;
23 int ktcCS14 = 47;
24 int ktcCS15 = 49;
25
26 //-----
27 MAX6675 ktc1(ktcCLK1, ktcCS1, ktcS01);
28 MAX6675 ktc2(ktcCLK1, ktcCS2, ktcS01);
29 MAX6675 ktc3(ktcCLK1, ktcCS3, ktcS01);
```

Gambar 4. 2 Program Arduino

3. Proses Membuat Rangkaian Jalur Papan PCB

Proses membuat rangkaian jalur papan PCB ini menggunakan *software proteus 8*, *proteus 8* merupakan *software* untuk mendesain rangkaian papan PCB. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pembuatan *Layout* PCB

4. Pemindahan Layout Ke Papan PCB

Memindahkan layout yang sudah diprint ke papan PCB, lalu mengoleskan cairan aseton untuk pemindahan tinta yang di kertas ke papan PCB, lalu gosok sekitar 10-15 menit. Dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Pemidahan Layout Ke Papan PCB

3. Mencuci Kertas *Layout*

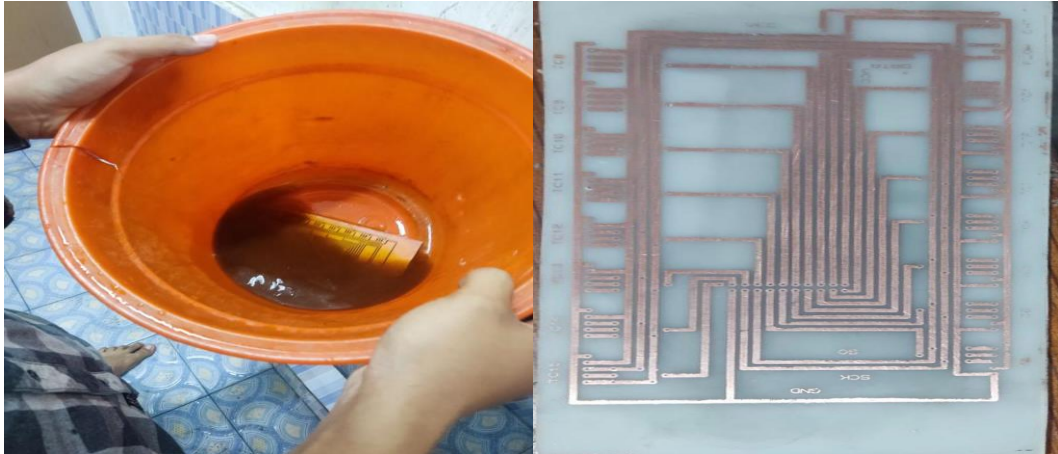
Pencucian kertas *layout*, setelah menggosokkan layout ke PCB menggunakan cairan aseton cuci papan PCB dengan air secara perlahan, agar tinta tidak berantakan, kertas terkelupas dan tidak ada yang tersisa. Dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pencucian Kertas *Layout*

4. Pelarutan Tembaga Papan PCB

Melarutkan papan PCB menggunakan bahan kimia yaitu campuran antara *Ferric Chloride* ($FeCl_3$) + H_2O_2 (Hidrogen Peroksida) dan air panas di wadah ember, dengan cara direndam dan di aduk perlahan. Dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Pelarutan *Layout*

5. Pemeriksaan Papan PCB

Setelah papan PCB dilarutkan, cek atau tes jalur-jalurnya menggunakan multi tester, agar tau jalur terhubung dengan baik atau tidak. Dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Pengecekan *Layout* Menggunakan *Multi Tester*

6. Melubangi Papan PCB

Setelah jalur layout di papan PCB telah berfungsi dengan baik, lubang di papan PCB sesuai pin yang ada menggunakan bor *tunner*, gunakan lapisan seperti bahan-bahan lunak pada saat pengeboran agar mata bor tidak rusak. Dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Melubangi Papan PCB

7. Pemasangan *Pin Header*

Pasang *pin header* ke PCB yang sudah di lubang dan solder kaki *pin header* agar *pin header* tidak goyang dan duduk. Dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Pemasangan Dan Penyolderan *Pin Header* Ke Papan PCB

8. Pemasangan Arduino Mega

Setelah *pin header* sudah dipasang semua, pemasangan Arduino mega dilakukan dengan menggunakan *spicer PCB plastic* sebagai dudukan, *spicer PCB* menggunakan bahan plastik agar tidak terjadinya *short* pada Arduino ke papan PCB. Dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Pemasangan Arduino Ke Papan PCB

9. Pemasangan Kabel *Jumper*

Arduino terpasang lalu hubungkan Arduino ke *pin header* menggunakan kabel *jumper male to male* sesuai pin yang sudah di buat di program. Dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Pemasangan Kabel *Jumper*

10. Pemasangan Modul MAX6675

Setelah semua kabel jumper terpasang, pasang modul MAX6675 ke semua *pin header* dan kencangkan menggunakan baut plastik. Dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Pemasangan Modul MAX6675

11. Pengecekan Keseluruhan Rangkaian

Pengecekan keseluruhan rangkaian menggunakan *multi tester*, ini dilakukan agar tau seluruh rangkaian terhubung dengan baik atau tidak atau adanya *short* pada jalur *layout* pada papan PCB, sebelum dipasang ke *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Pengecekan Rangkaian

4.1.2. Membuat Rumah Rangkaian Sensor Termokopel

Pembuatan rumah rangkaian sensor termokopel menggunakan bahan akrilik dengan panjang 200mm, lebar 150mm, tinggi 80mm dan tebal 3mm, dengan bentuk *box* atau kotak. Rumah rangkaian ini berfungsi juga untuk dudukan rangkaian di sisi samping *cooling tower*.

1. Pemotongan Akrilik

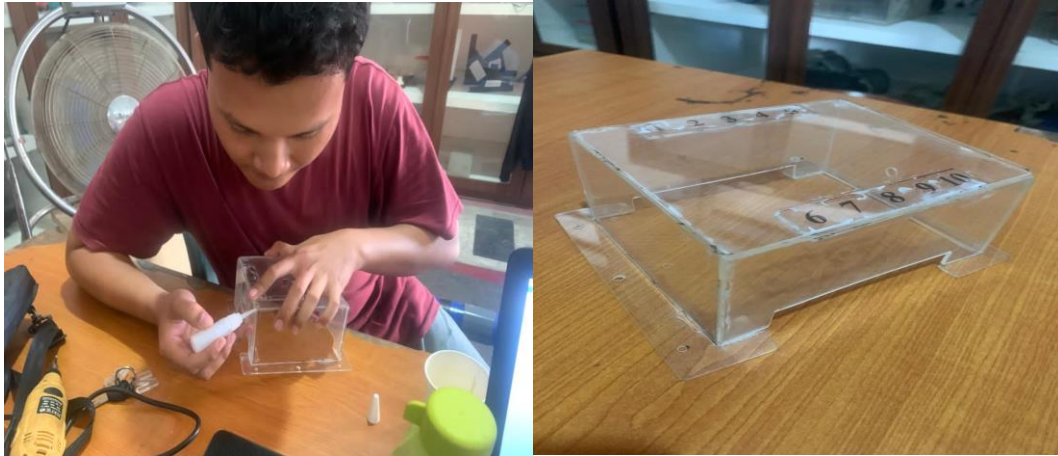
Potong akrilik persegi dan persegi panjang sesuai ukuran, menggunakan pisau potong akrilik, *claim C* untuk menjepit akrilik agar pada saat pemotongan akrilik tidak bergerak dan menggunakan penggaris pada saat memotong agar lurus dan rapih. Dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Pemotongan Akrilik

2. Perakitan Rumah Rangkaian

Setelah akrilik dipotong sesuai bagian-bagiannya, rekatkan akrilik potongan-potongan akrilik membentuk *box* menggunakan lem, gunakan siku agar *box* terbentuk dengan sempurna. Gunakan stiker nomor tepat di atas modul-modul *MAX-6675* sebagai tanda pada sensor untuk mengetahui nomor berapa sensor-sensor yang diletakan agar tidak bingung pada saat pengambilan data dilakukan. Dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Perakitan Rumah Rangkaian Sensor

3. Pemasangan Rangkaian Sensor Ke Rumah Rangkaian

Setelah rumah rangkaian jadi, pasang rangkaian sensor ke *box*, dan kencangkan dengan baut plastik. Dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Pemasangan Rangkaian Sensor Ke Rumah Dudukan Sensor

4. Pemasangan Rangkaian Sensor Ke *Cooling Tower*

Rangkaian dipasang di sisi samping *cooling tower*, dengan cara melubangi dinding dengan bor, dan pemasangan menggunakan baut. Dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Pemasangan Rangkaian Sensor Ke *Cooling Tower*

5. Pemasangan Sensor

Sensor dipasang di pipa air masuk dan di ujung-ujung fill, dengan cara melubangi dinding *Wet Cooling Tower* menggunakan bor berukuran 5 mm untuk memasukan termokopel ke *Wet Cooling Tower* lalu ikat menggunakan kawat. Ukuran termokopel ada 3 meter untuk titik paling atas atau masuknya air, pada sensor masuknya air diusahakan mengenai air secara penuh agar pada saat pembacaan suhu yang didapat suhu terbaca dengan sempurna, ada 2 meter untuk di tengah *wet cooling tower* dan 40 cm untuk paling bawah *wet cooling tower*. Dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Pemasangan Sensor Ke *Wet Cooling Tower*

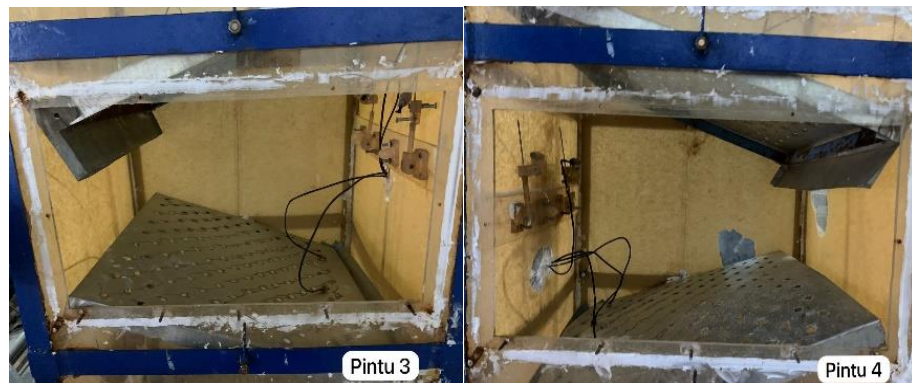
a. Letak sensor *fill* Bulat

Sensor di letakan dan di ikat menggunakan kawat pada lubang-lubang ujung *fill* sesuai turunnya air.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Gambar 4. 19 Letak Sensor *fill* Bulat, (a) tingkat satu, (b) tingkat dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat

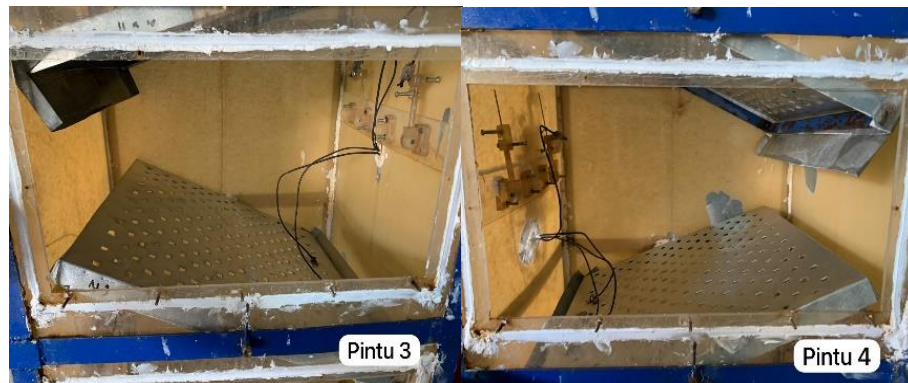
b. Letak sensor *fill* Kotak

Sensor di letakan dan di ikat menggunakan kawat pada lubang-lubang ujung *fill* sesuai turunnya air.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Gambar 4. 20 Letak Sensor *fill* Kotak (a) tingkat satu, (b) tingkat dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat

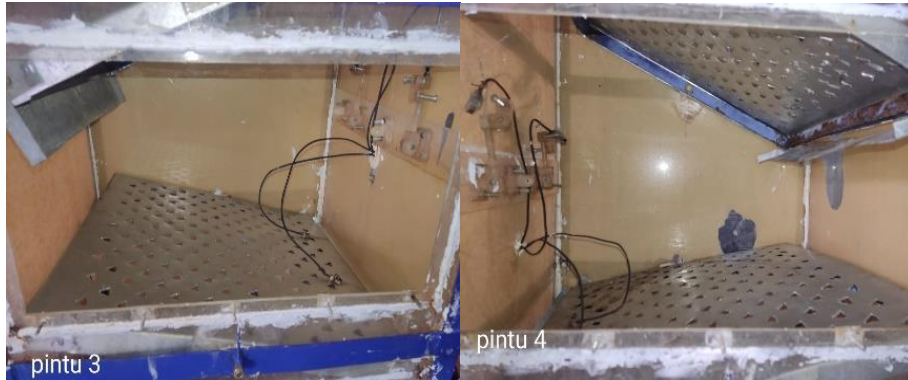
c. Letak sensor *fill* Segitiga

Sensor di letakan dan di ikat menggunakan kawat pada lubang-lubang ujung *fill* sesuai turunnya air.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Gambar 4. 21 Letak Sensor *fill* Segitiga (a) tingkat satu, (b) pintu dua, (c) tingkat tiga, (d) tingkat empat, (d) tingkat empat

4.2 Hasil Pengujian Data Suhu

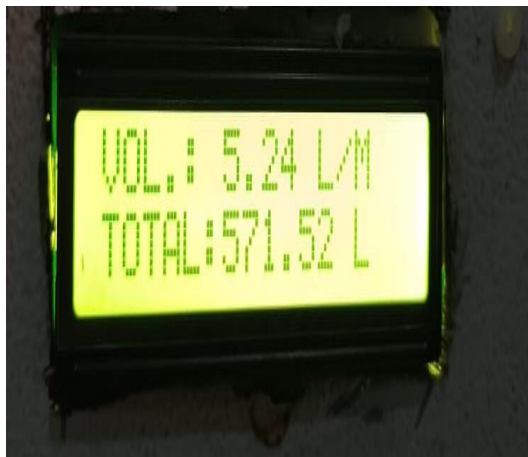
4.2.1 Suhu Air dan Volume Air

1. Air yang digunakan pada saat pengambilan data bersuhu sekitaran 60°C .
Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Suhu Air Pengujian

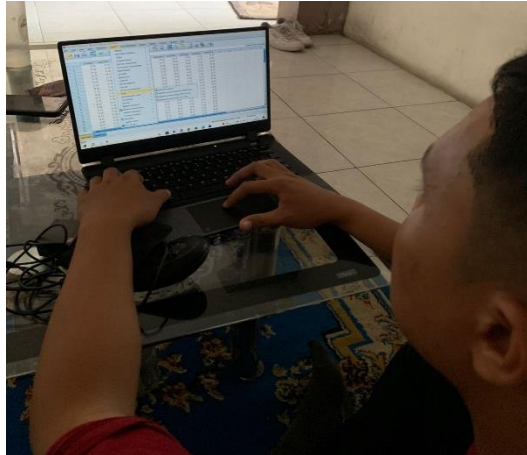
2. Volume air yang digunakan pada saat pengujian yaitu 5 L/M. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 2 Volume Air

4.2.2 Pengujian Data

Hasil pengujian menggunakan *software* SPSS (*Statiscal Product and Service Solutions*) ini adalah salah satu dari sekian banyak program aplikasi komputer untuk menganalisis data statistik (Muhson, 2012). Pengujian dilakukan 3 macam, yaitu pengujian distribusi normal, pengetesan standar devisiasi, dan reabilitas. Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengujian Data

1. Hasil Pengujian Distribusi Normal

Hasil distribusi normal di uji menggunakan aplikasi SPSS, hasil data di ambil dari 4 macam yaitu kalibrasi, *Fill* bulat, *fill* kotak, dan *fill* segitiga. Data yang di lihat yaitu *Asymp. Sig (2-tailed)*, jika nilai *sig* > 0,050 maka data tersebut dinyatakan berdistribusi normal, jika nilai *sig* < 0,050 maka data tersebut dinyatakan tidak berdistribusi normal (Wuryaningrum & Budiarti, 2015)

Berdasarkan hasil analisis pada tabel tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4, diperoleh untuk nilai *Asymp. Sig* pada *Fill* bulat, *Fill* kotak, *Fill* segitiga, dan kalibrasi adalah 0,200. Oleh karena nilai *Asymp. Sig* tersebut lebih besar dari 0,050 maka dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal. Dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4. 1 Distribusi Normal *Fill* Bulat

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		RATA-RATA
N		149
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.45674705
Most Extreme Differences	Absolute	.043
	Positive	.043
	Negative	-.031
Test Statistic		.043
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Tabel 4. 2 Distribusi Normal *Fill* Kotak

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		109
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.55380978
Most Extreme Differences	Absolute	.064
	Positive	.064
	Negative	-.054
Test Statistic		.064
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Tabel 4. 3 Distribusi Normal *Fill* Segitiga

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		149
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.63741656
Most Extreme Differences	Absolute	.047
	Positive	.038
	Negative	-.047
Test Statistic		.047
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Tabel 4. 4 Distribusi Normal *Fill* Kalibrasi

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		TRATA
N		59
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.21673277
Most Extreme Differences	Absolute	.079
	Positive	.079
	Negative	-.079
Test Statistic		.079
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Keterangan Tabel :

N = Jumlah *item* yang diuji

Mean = Rata-Rata

Normal Parameters = Parameter Biasa

Most Extreme Differences = Perbedaan Paling Ekstrim

Asymp. Sig = Nilai Probability

2. Hasil Tes Standar Devisiasi

Nilai standar devisiasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data indiviu ke *mean* atau rata-rata nilai sampel (Swarjana, 2022)

Hasil data di ambil sebanyak 4 kali yaitu menggunakan fill bulat, fill kotak, fill segitiga, dan pada saat kalibrasi data. Jika standar devisiasi lebih kecil dari *mean* artinya data menyebar tidak jauh dari rata-rata, karena Standar devisiasi merupakan gambaran dari penyimpangan yang tinggi (Febriyanti & Purnomo, 2021). Dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6, 4.7, dan 4.8.

Tabel 4. 5 Standar Devisiasi *Fill* Bulat

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00002	149	50.00	54.00	51.9111	.76509
Valid N (listwise)	149				

Tabel 4. 6 Standar Devisiasi *Fill* Kotak

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00005	109	56.50	63.75	60.2317	1.27644
Valid N (listwise)	109				

Tabel 4. 7 Standar Devisiasi *Fill* Segitiga

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00005	149	52.75	59.50	56.8826	1.85554
Valid N (listwise)	149				

Tabel 4. 8 Standar Devisiasi Kalibrasi

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
VAR00003	59	32.25	33.50	33.1144	.29111
Valid N (listwise)	59				

Keterangan Tabel:

N = Jumlah *item* yang di uji

Minimum = Data paling kecil

Maximum = Data paling besar

3. Hasil Data Reliabilitas

Hasil data reliabilitas diambil menggunakan *software* SPSS, hasil data diambil sebanyak 4 kali, yaitu menggunakan fill bulat, fill kotak, fill segitiga, dan kalibrasi. Data dikatakan *reliable* jika nilai *cronbach alpha* > 0,6 (Amanda et al., 2019)

Dari hasil perhitungan uji reabilitas metode *cronbach alpha* dapat dilihat pada kolom *cronbach alpha* pada *fill* bulat yaitu 0,857 *fill* kotak 0,676, *fill* segitiga 0,836, dan data kalibrasi adalah 0,141 dengan *N of items* menunjukkan bahwa jumlah dari *items* atau jumlah yang dihitung adalah 10.

Tabel 4. 9 Reliabilitas *Fill* Bulat

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.857	10

Tabel 4. 10 Reliabilitas *Fill* Kotak

Cronbach's Alpha	N of Items
.676	10

Tabel 4. 11 Reliabilitas *Fill* Segitiga

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.836	10

Tabel 4. 12 Reliabilitas Kalibrasi

Cronbach's Alpha	N of Items
.141	10

Keterangan Tabel:

Cronbach's Alpha = Patokan untuk mendeskripsikan korelasi

N = Jumlah *item* yang diuji

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa Pembuatan *Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower* berhasil dibuat, data dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Pembuatan *instrument* pengukuran *temperature* pada *Wett Cooling Tower* menggunakan termokopel berbasis arduino.
2. Nilai *Asymp. Sig* kalibrasi, *fill* bulat, *fill* kotak, dan *fill* segitiga itu 0,200 yang artinya berdistribusi normal karena jika nilai *sig* > 0,050 maka data tersebut dinyatakan berdistribusi normal.
3. Pada nilai kalibrasi, standar devisiasinya 0,24341 nilai *mean* 34,2542. Nilai *fill* bulat, standar devisiasinya 0,76509 nilai *mean* 51,9111. Nilai *fill* kotak, standar devisiasinya 1,27644 nilai *mean* 60,2317. Nilai *fill* segitiga, standar devisiasinya 1,64178 nilai *mean* 56,3087. Jika standar devisiasi lebih kecil dari *mean* artinya data menyebar tidak jauh dari rata-rata, karena Standar devisiasi merupakan gambaran dari penyimpangan yang tinggi.
4. Data dikatakan *reliable* jika nilai *cronbach alpha* > 0,6. Data *cronbach alpha* pada kalibrasi adalah 0,141, Data *cronbach alpha* pada *fill* bulat adalah 0,857, Data *cronbach alpha* pada *fill* kotak adalah 0,676, Data *cronchbach alpha* pada segitiga adalah 0,836. Yang artinya semua data yag di uji sudah dikatakan *reliable*.
5. Hasil keseluruhan sensor termokopel pada *Wet Cooling Tower* ini sudah bekerja dengan normal sesuai statistik yang di uji di SPSS, jenis pengujian yang dilakukan adalah distribusi normal, standar devisiasi, dan Reliabilitas. Semua data dan nilai sudah memenuhi standar.

5.2 Saran

Adapun saran yang ingin saya sampaikan antara lain:

1. Pada saat pembuatan rangkaian jalur *layout* sudah jadi, diharapkan melakukan pengecekan tiap jalur aluminium PCB menggunakan *multitester*, agar semua jalur dapat terhubung dengan baik.
2. Pada saat pengambilan data diharapkan melakukan kalibrasi pada keseluruhan termokopel, agar data terambil dengan baik dan merata.
3. Data diuji menggunakan *software* SPSS, agar terlihat data valid atau tidak, pengujiannya adalah distribusi normal, standar deviasi, dan reabilitas.

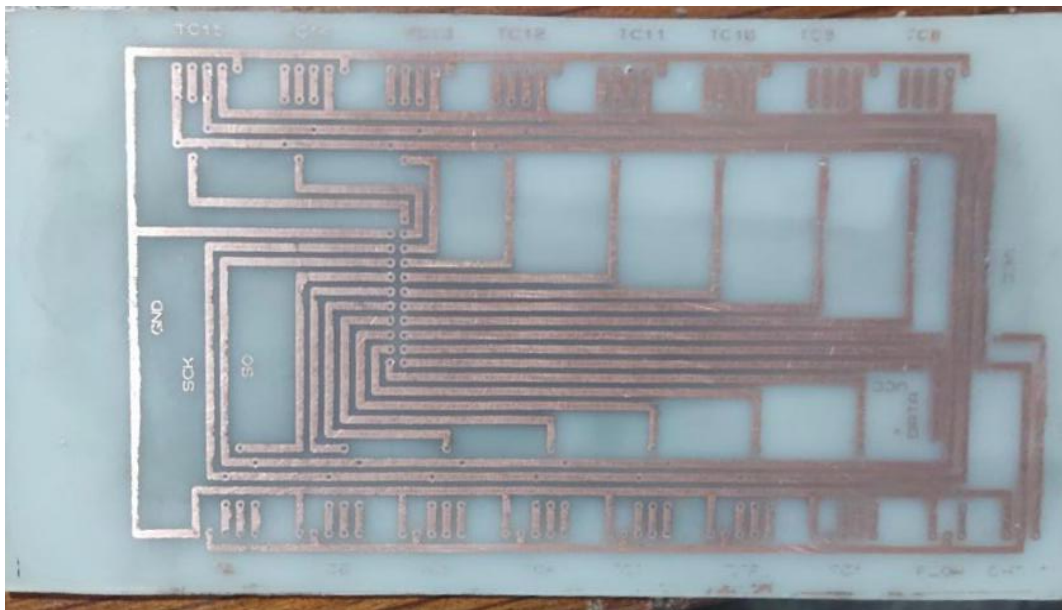
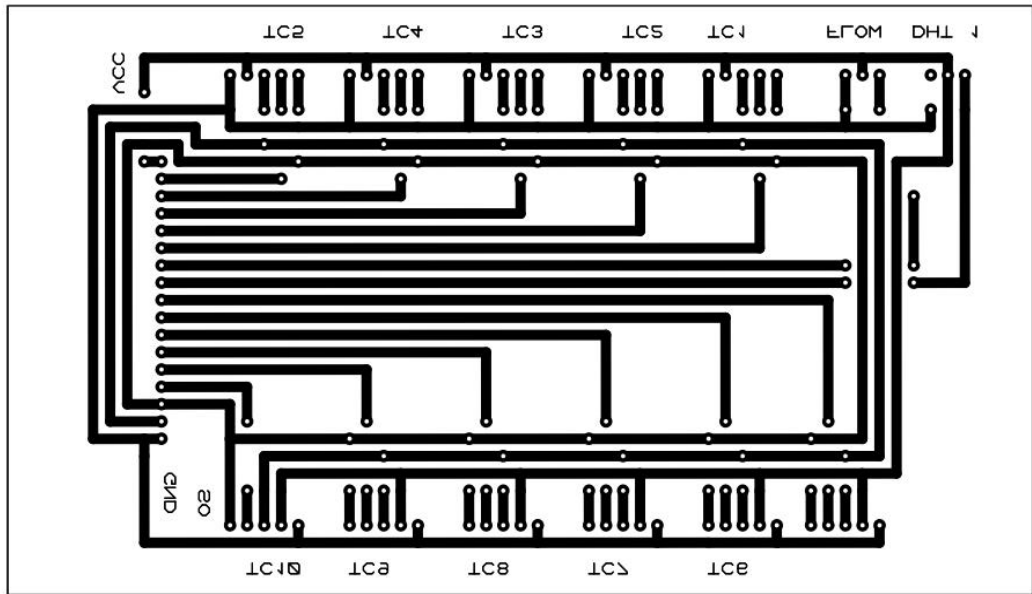
DAFTAR PUSTAKA

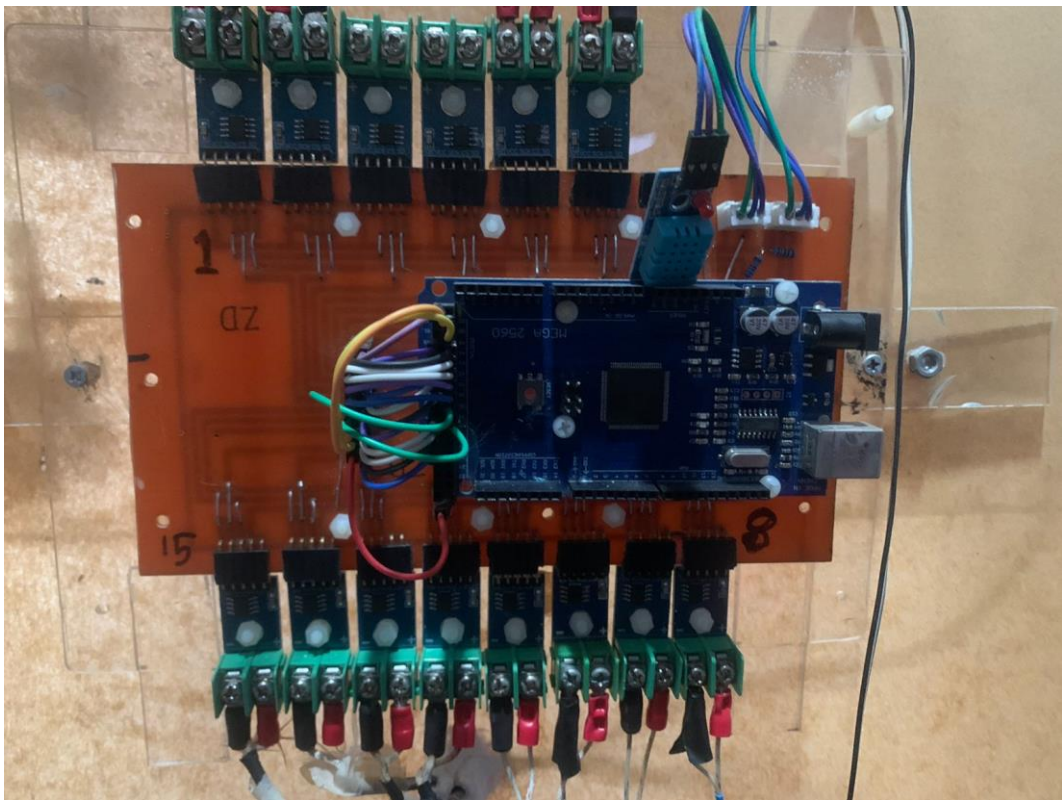
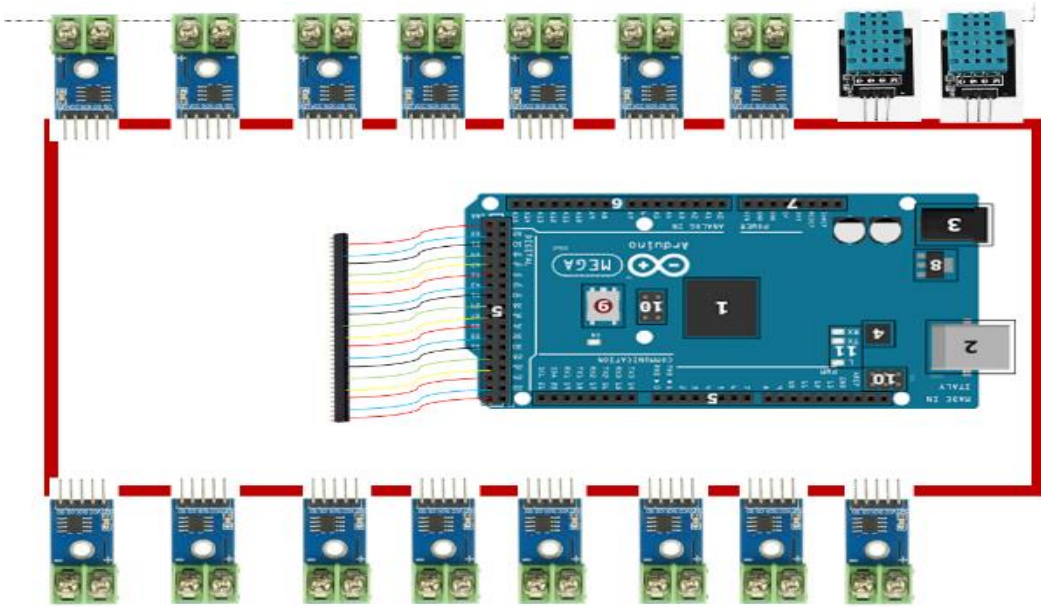
- Amanda, L., Yanuar, F., & Devianto, D. (2019). Uji Validitas dan Reliabilitas Tingkat Partisipasi Politik Masyarakat Kota Padang. *Jurnal Matematika UNAND*, 8(1), 179. <https://doi.org/10.25077/jmu.8.1.179-188.2019>
- Basuki, A. T. (2014). Penggunaan SPSS dalam Statistik. *Danisa Media*, 1, 1–104.
- Chaln Chavez, A. M., & Guevara Paredes, K. E. (2014). *STUDI DESAIN SENSOR TERMOKOPEL TIPE K DAN KARAKTERISTIKNYA UNTUK ALAT DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS (DTA)*.
- Chen, X., Sun, F., Chen, Y., & Gao, M. (2019). Novel method for improving the cooling performance of natural draft wet cooling towers. *Applied Thermal Engineering*, 147, 562–570.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.10.076>
- Deng, W., Sun, F., Chen, K., & Zhang, X. (2022). New retrofit method to cooling capacity improvement of mechanical draft wet cooling tower group. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 188, 122589.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.122589>
- Febriyanti, E., & Purnomo, L. I. (2021). Pengaruh Audit Complexity , Financial Distress , Dan Jenis Industri Terhadap Audit Delay. *SAKUNTALA Prosiding Sarjana Akuntansi Tugas Akhir Secara Berkala*, 1(1), 645–663.
- Handoyo, Y. (2015). Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 38–52.
<http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- Ii, B. A. B. (2013). *BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Pengertian Exhaust Gas Temperature*. 5–31.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2002). *BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1*. 1–64.
- Irawan, T. (2022). Kajian Analisis dan Kontruksi Menara Pendingin - Review. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 53.
<https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.1003>
- Khairul Umurani, Rahmatullah, Ahmad Marabdi Siregar, Arya Rudi Nasution, R. F. P. (2023). Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Pada Plat Rata Dengan Media Berpori (Porous) Khairul. *Jurnal Engine: Energi*,

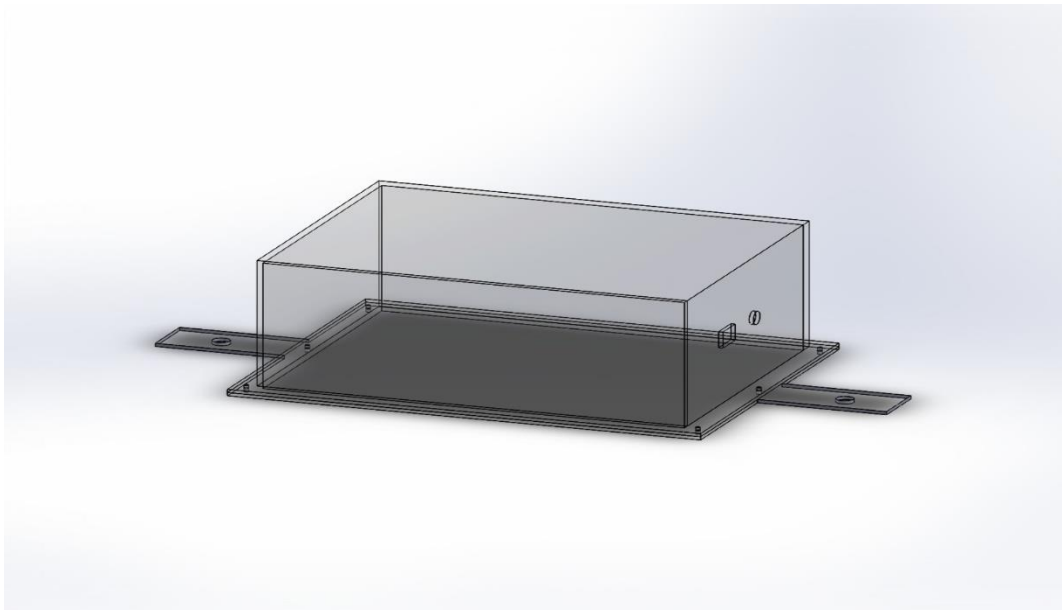
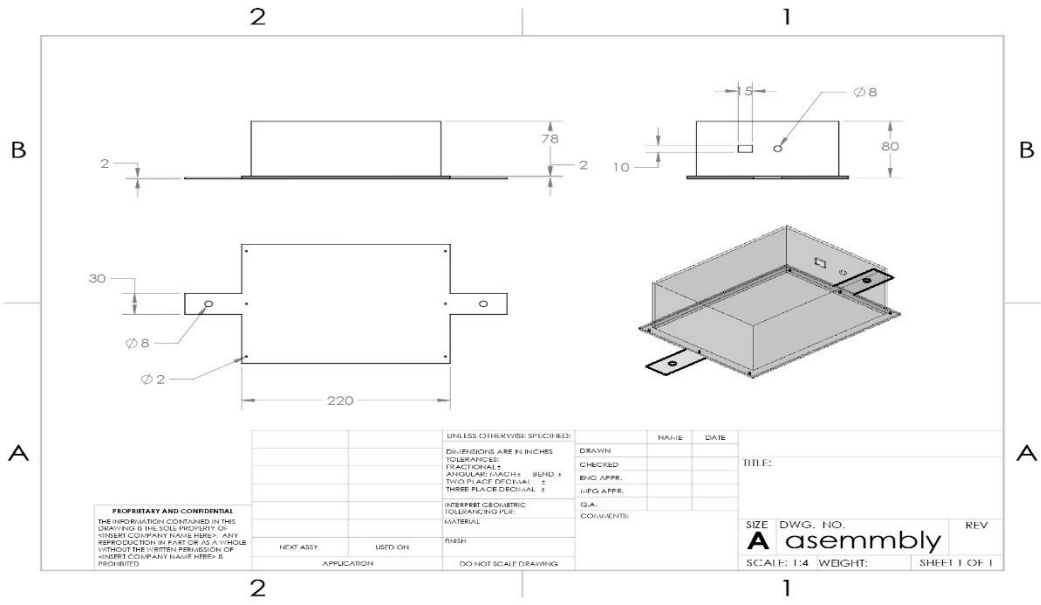
- Manufaktur, Dan Material*, 6(1), 89–98.
- Laksanawati, E. K., Sulaeman, A., & Rosyidin, A. (2022). Desain Rancang Bangun Cooling Tower menggunakan Aplikasi Autocad Skala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 37. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v6i1.6698>
- M, S., Tehuayo, H., Hasriadi, M., & Fadhilah, N. (2022). Rancang bangun alat pengukur suhu air cooling tower berbasis IOT pada PT. Tirta Fresindo Jaya. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 17(1), 11–14. <https://doi.org/10.47398/iltek.v17i1.663>
- Muhson, A. (2012). Pelatihan Analisis Statistik dengan SPSS. *Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta*, September, 12,21,24.
- Mursadin, A. (2022). ANALISIS KINERJA COOLING TOWER MENGGUNAKAN METODE RANGE DAN PENDEKATAN DI PLTU ASAM-ASAM. 4(2), 15–27.
- Novianarenti, E., & Setyono, G. (2019). Peningkatan Performansi Cooling Tower Tipe Induced Draft Counter Flow Menggunakan Variasi Bentuk Filler. *R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 4(1). <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v4i1.1766>
- Noviyanti, M., & Hufri,). (2020). Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno. *Pillar of Physics*, 13(April), 34–41.
- Pontes, R. F. F., Yamauchi, W. M., & Silva, E. K. G. (2019). Analysis of the effect of seasonal climate changes on cooling tower efficiency, and strategies for reducing cooling tower power consumption. *Applied Thermal Engineering*, 161, 114148. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114148>
- Rizkiya, Y. (2019). Bab II Landasan Teori. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Samola, G. J., Patras, L. S., & Mangindaan, G. (2022). Analisa Sistem Pendingin Berdasarkan Besar Daya Lisrik Yang Di Bangkikan Pada PLTP Lahendong. *Jurnal Teknik Elketro* , 1–10.
- Santoso, H., & Ruslim, R. (2019). Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni)

- dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 5(1), 59. <https://doi.org/10.26858/ijfs.v5i1.9376>
- Septiana, R., Roihan, I., & Karnadi, J. (2019). Calibration of K-Type Thermocouple and MAX6675 Module With Reference DS18B20 Thermistor Based on Arduino DAQ. *Prosiding SNTTM XVIII*, 9–10.
- Swarjana, I. K. (2022). Konsep Pengetahuan Sikap, Prilaku, Persepsi, Stres, Kecemasan, Nyeri, Dukungan Sosial, Kepatuhan, Motivasi, Kepuasan, Pandemi Covid-19, Akses Layanan Kesehatan. *Andi*, 4, 3–12.
- Wendri, N., Supardi, I. wayan, Suarbawa, K. N., & Yuliantini, N. M. (2012). Alat Pencatat Temperatur Otomatis menggunakan Termokopel berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Buletin Fisika*, 13(1), 29–33. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/buletinfisika/article/view/31286>
- Wu, T., Ge, Z., Yang, L., & Du, X. (2019). Flow deflectors to release the negative defect of natural wind on large scale dry cooling tower. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 128, 248–269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.09.009>
- Wuryaningrum, R., & Budiarti, A. (2015). Pengaruh Rasio Keuangan Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Farmasi di BEI. *Jurnal Ilmu Dan Riset Manajemen*, 4(11), 1–18.
- Yu, Z., Sun, C., Zhang, L., Bao, B., Li, Y., Bu, S., & Xu, W. (2021). Analysis of a novel combined heat exchange strategy applied for cooling towers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 169, 120910. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.120910>

LAMPIRAN







LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan *Instrument Pengukuran Temperature Pada Wet Cooling Tower*

Nama : M. Sayid Zufri
NPM : 1907230020

Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin 10/10/2022	- Pemberian Spesifikasi Tugas	u
2.	Rabu 19/10/2022	- Perbaiki Latar belakang	u
3.	Kamis 20/10/2022	- Perbaiki Rumusan masalah	u
4.	Senin 24/10/2022	- Perbaiki Tinjauan Pustaka	u
5.	Rabu 26/10/2022	- Lengkapi teori tentang Thermocouple	u
6.	Kamis 27/10/2022	- Perbaiki Metode	u
7.	Kamis 03/11/2022	- ACC, Seminar Proposal	u
8.	Senin 10/07/2023	- Perbaiki Hasil dan Pembahasan	u
9.	Selasa 18/07/2023	- Perbaiki Kesimpulan	u
10.	Senin 24/07/2023	- ACC, Seminar Hasil	u



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Beberapa hari ini agar dilakukan secara langsung

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAH-PT/Akred/PT/II/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1394/II.3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada 25 Oktober 2022 dengan ini menetapkan :

Nama : M. SAYID ZUFRI
Npm : 1907230020
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (Tujuh))
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN INSTRUMENT PENGUKURAN TEMPERATURE PADA WET COOLING TOWER

Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal,
Medan, 30 Rabiul Awal 1444 H
26 Oktober 2022 M

Dekan



Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023**

Peserta seminar
 Nama : M. Sayid Zufri
 NPM : 1907230023
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Instrument Temperature

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT
Pembanding – I : M. Yani, ST, MT
Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230070	Bambang Rivaldy Wijaya
2	1907230067	Rehan Adil Fauzi
3	1907230042	Muhammad Rafan
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 06 Shafar 1445 H
22 Agustus 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin


 Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : M. Sayid Zufri
NPM : 1907230023
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Instrument Temperature

Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 -*tambahkan dokumentasi*.....
 -*+ volume Air*.....
 -*- temperatur Air*.....
 -*- Data lain nya*.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan, 06 Shafar 1445 H
22 Agustus 2023 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: Muhammad Sayid Zufri
Jenis Kelamin	: Laki - Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Singgamata, 30 Juli 2001
Alamat	: JL. Aekmatio Gg. Ikhlas, Kec. Rantau Utara Kab. Labuhan Batu, Sumatera Utara
Agama	: Islam
E-mail	: muhammadsayid09@gmail.com
No. Hp	: 082267873636

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 112144 Siringo-Ringo	Tahun 2007 - 2013
2. SMPN 2 Rantay Utara	Tahun 2013 - 2016
3. SMK Swasta Pemda	Tahun 2016 - 2019
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2019 - 2023