



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING*  
TEMPERATUR PADA *MINI PLANT AC*  
*REFRIGERANT* BERBASIS ARDUINO MEGA**

**IKE NURJANNAH**  
NRP. 2413 031 036

Dosen Pembimbing  
Ir. Harsono Hadi, Ph. D.  
NIP. 19600119 1986111 1 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI  
JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TF145565

***BUILD AND DESIGN TEMPERATURE  
MONITORING ON AC REFRIGERANT BASED  
ARDUINO MEGA***

IKE NURJANNAH  
NRP. 2413 031 036

Supervisor  
Ir. Harsono Hadi, Ph. D.  
NIP. 19600119 1986111 1 001

DIPLOMA OF METROLOGY AND INSTRUMENTATION ENGINEERING  
Department Of Engineering Physics  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING  
TEMPERATURE PADA PLANT AC REFRIGERANT  
BERBASIS ARDUINO MEGA**

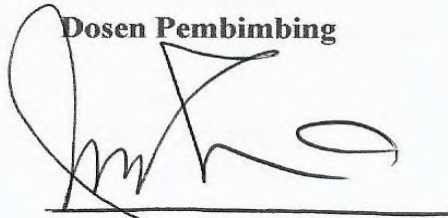
**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**IKE NURJANNAH**  
**NRP. 2413 031 036**

**Surabaya, Agustus 2016**  
**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



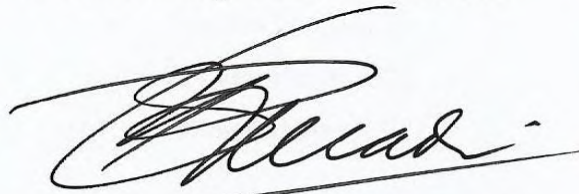
**Ir. Harsono Hadi, Ph. D**  
**NIP. 19600119 1986111 1 001**

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Fisika FTI – ITS**



**Agus Muhammad Hatta, Ph.D**  
**NIP. 19780902 200312 1 002**

**Ketua Program Studi**  
**DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

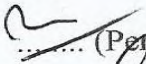
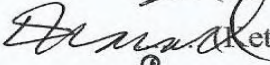

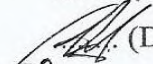

# **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TEMPERATURE PADA PLANT AC REFRIGERANT BERBASIS ARDUINO MEGA**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**IKE NURJANNAH**  
NRP. 2413 031 036

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Harsono Hadi, Ph.D
  2. Ir. Tutug Dhanardono, MT
  3. Hendra Cordova, ST, MT
  4. Arief Abdurrakhman, ST, MT
  5. Herry Sufyan Hadi, ST, MT
-  ..... (Pembimbing )  
 ..... (Ketua Penguji)  
 ..... (Dosen Penguji I)  
 ..... (Dosen Penguji II)  
 ..... (Dosen Penguji III)

**SURABAYA  
JULI, 2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING  
TEMPERATURE PADA PLANT AC REFRIGERANT  
BERBASIS ARDUINO MEGA**

**Nama** : Ike Nurjannah  
**NRP** : 2413031036  
**Jurusan** : Teknik Fisika, FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Harsono Hadi, Ph. D

**Abstrak**

*Air Conditioner* (AC) merupakan teknologi yang memberikan kenyamanan dalam mengkondisikan suhu suatu ruangan. AC memiliki fungsi sama sebagai pengatur suhu pada suatu lingkungan sehingga diperoleh suhu sesuai kondisi yang diharapkan. Sistem monitoring *temperature* pada *plant AC Refregerant* ini digunakan untuk memonitoring temperatur pada AC agar diketahui perubahan yang terjadi di dalamnya dengan merencanakan kontrol menggunakan Arduino mega sebagai kontrolernya. Hasil pengukuran temperatur ini dapat ditampilkan pada LCD dan kemudian divisualisasikan melalui *visual studio 2015*. Pada tugas akhir ini dilakukan monitoring temperature saluran hisap dan saluran tekan dengan menggunakan dua sensor Thermocouple tipe K dan pengkondisian sinyal MAX6675. Berdasarkan data yang telah diolah dari hasil kalibrasi dua *thermocouple* didapatkan nilai pada saluran hisap yaitu  $U_{a1} = 0,35$   $U_{a2} = 0,83$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 0,9$   $U_{expand} = \pm 1,58$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Lalu pada saluran tekan didapatkan hasil  $U_{a1} = 0,69$   $U_{a2} = 1,27$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 1,31$   $U_{expand} = \pm 2,37$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*.

**Kata kunci** : Sistem Monitoring Temperatur, Arduino Mega, K-Type Thermocouple.

## ***BUILD AND DESIGN TEMPERATURE MONITORING ON AC REFRIGERANT BASED ARDUINO MEGA***

***Name*** : Ike Nurjannah  
***NRP*** : 2413031036  
***Department*** : *Engineering Physics, FTI-ITS*  
***Advisor Lecture*** : **Ir. Harsono Hadi, Ph. D**

### **ABSTRACT**

Air Conditioning (AC) is a technology that provides comfort in a room temperature condition. AC has the same function as the thermostat at a suitable temperature environment in order to obtain the expected conditions. Temperature monitoring systems on AC Refrigerant plant is used to monitor the temperature on the air conditioner in order to know the changes that occur in it with a control plan using the Arduino Mega as a controller. Where the temperature measurement results can be displayed on the LCD and then visualized by visual studio 2015. In this final project monitoring temperature suction channels and channel press using two type K Thermocouple sensor and signal conditioning MAX6675. Based on the data that has been compiled from the two thermocouple calibration values obtained in the suction channel is  $U_{a1} = 0,35$   $U_{a2} = 0,83$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$ ,  $U_c = 0,9$   $U_{\text{expand}} = \pm 1.58$  with 95% confidence level of the table T-Student. Then the press channel showed  $U_{a1} = 0,69$   $U_{a2} = 1,27$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$ ,  $U_c = 1,31$ ,  $U_{\text{expand}} = \pm 2,37$  with a confidence level of 95% of the T-Student.

**Keywords** : Temperature Monitoring System , Arduino Mega , K-Type Thermocouple .

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Sistematika Laporan.....	3
1.6 Manfaat .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Sistem <i>Air Conditioner</i> (AC).....	5
2.2 Termokopel.....	7
2.3 <i>Signal Conditioning</i> (Pengkondisian Sinyal).....	8
2.4 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) .....	8
2.5 Arduino Mega 2560 .....	10
2.6 Akurasi.....	11
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1 <i>Flowchart</i> Pembuatan Alat .....	13
3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen .....	22
3.3 Prosedur Kalibrasi .....	18
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA</b>	
4.1 Uji Komponen Sistem .....	21
4.2 Karakteristik Statik Sensor Termokopel Baut Tipe K30	

4.3 Pengujian Alat Ukur pada <i>Plant Air Conditioner</i> (AC)	38
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sistem <i>Air conditioner</i> (AC).....	6
<b>Gambar 2.2</b> <i>Thermocouple</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Pengkondisian Sinyal.....	8
<b>Gambar 2.4</b> LCD 16x2.....	9
<b>Gambar 2.5</b> Arduino Mega 2560 .....	11
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir .....	13
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok Perancangan alat Ukur <i>Thermocouple</i> .....	14
<b>Gambar 3.3</b> Kompresor <i>Rotary</i> .....	15
<b>Gambar 3.4</b> Kondensator .....	15
<b>Gambar 3.5</b> Evaporator.....	16
<b>Gambar 3.6</b> <i>Software</i> Arduino 1.0.6.....	17
<b>Gambar 3.7</b> Tampilan <i>Monitoring</i> Pada VB.....	18
<b>Gambar 4.1</b> Diagram Blok Sistem Monitoring.....	21
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Blok sistem.....	22
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Linearitas <i>Thermocouple</i> Bagian Hisap....	32
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Histerisis Sensor Bagian Tekan.....	34
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Linearitas <i>Thermocouple</i> Bagian Tekan...	36
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Linearitas <i>Thermocouple</i> Bagian Tekan...	38
<b>Gambar 4.7</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 0% .....	40
<b>Gambar 4.8</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 20% .....	41
<b>Gambar 4.9</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 40% .....	42
<b>Gambar 4.10</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 60% .....	42
<b>Gambar 4.11</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 80% .....	43
<b>Gambar 4.12</b> Grafik <i>Temperatur</i> Ketika Kompresor 100% ....	44

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>Spesifikasi Thermocouple Type K</i> .....	7
<b>Tabel 4.1</b> Konfigurasi MAX6675 dengan arduino .....	22
<b>Tabel 4.2</b> Data Uji Pembacaan Alat Ukur Standard an Alat Uji24	
<b>Tabel 4.3</b> Perhitungan hasil data uji <i>Thermocouple</i> Tekan.....	25
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Hasil Data uji <i>Thermocouple</i> Hisap .....	26
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan $O_{ideal}$ Sensor <i>Thermocouple</i> Hisap .....	32
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Hiterisi Sensor Bagian Hisap .....	33
<b>Tabel 4.7</b> Perhitungan $O_{ideal}$ Sensor <i>Thermocouple</i> Tekan.....	36
<b>Tabel 4.8</b> Perhitungan Hiterisi Sensor Bagian Tekan.....	37
<b>Tabel 4.9</b> <i>Temperatur Pada Plant Air Conditoiner (AC)</i> .....	39

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi senantiasa selalu mengalami peningkatan seiring dengan ditemukan berbagai ilmu-ilmu baru di dunia. Teknologi yang telah ada mengalami perubahan atau tahap modifikasi sesuai dengan kebutuhan manusia. Berbagai inovasi selalu terjadi dan berkembang sesuai dengan tuntutan untuk mencapai berbagai kemudahan dalam kehidupan manusia. Teknologi salah satunya adalah memberikan kemanfaatan berupa kenyamanan, salah satu contohnya adalah teknologi *Air Conditioner* (AC) merupakan teknologi yang memberikan kenyamanan dalam mengkondisikan suhu suatu ruangan. AC memiliki berbagai macam jenis seperti AC Ruang, AC Split, dan AC mobil. Berbagai macam jenis AC tersebut sebenarnya memiliki fungsi sama sebagai pengatur suhu pada suatu lingkungan sehingga diperoleh suhu sesuai kondisi yang diharapkan.

Bagi sebagian orang, air conditioner layaknya kipas yang sekali nyala bisa langsung mendinginkan seluruh ruangan. Bedanya untuk AC, Anda bisa menentukan sendiri suhu yang dihasilkan oleh pendingin ruangan tersebut. Sayangnya, masih banyak orang awam yang kurang paham bagaimana cara mengatur suhu AC yang benar. Suhu AC yang pas tidak hanya menghemat pengeluaran listrik bulanan, tetapi juga mempengaruhi kesehatan tubuh.

Di dalam AC itu sendiri terdapat dua jenis saluran yang bertugas mengatur keluar masuknya gas yang ada di dalam sistem AC. Kedua saluran tersebut biasa disebut dengan saluran hisap dan saluran tekan. Saluran hisap terletak antara keluaran dari ekspansion valve dan masukan dari kompresor. Sedangkan saluran tekan terletak diantara keluaran kompresor dan masukan ekspansion valve. Diantara kedua saluran ini telah terjadi perbedaan *temperatur* sehingga perlu adanya sistem *monitoring temperature*. *Monitoring* merupakan suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan

informasi untuk pengambilan keputusan manajemen program atau proyek (Calyton dan Petry 1983). Proses monitoring ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu yang ada di dalam AC sehingga nantinya bisa diketahui kerusakan atau kesalahan yang ada di dalamnya.[1]

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *temperature monitoring* pada sistem AC *mini plant* berbasis arduino
2. Bagaimana karakteristik statik pada sensor *Thermocouple* di dalam *plant AC Refrigerant*?

## 1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah

1. Dapat merancang dan membangun sistem *pressure monitoring* pada sistem AC *mini plant* berbasis arduino.
2. Dapat mengetahui karakteristik statik pada sensor *Thermocouple* di dalam *plant AC Refrigerant*.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan adalah sebagai berikut:

- a. Merancang sistem yang dibutuhkan dalam pembuatan *temperature monitoring system* pada sistem AC *mini plant*.
- b. Membuat desain komponen-komponen dari sistem yang ada.
- c. Pengujian sistem dari rancang bangun yang telah dibuat dengan menguji rangkaian dari perancangan alat untuk mengetahui performasi alat, baik keakuratan dan keoptimalan alat.
- d. Memonitor *temperature* dengan cara menyimpan data menggunakan *data base* di *visual studio*.

- e. Memonitor *temperature* pada saluran tekan dan saluran hisap sistem AC.

## 1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika laporan yang digunakan dalam menyusun tugas akhir ini adalah:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, sistematika laporan dan manfaat.

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab II ini mengulas tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan tugas akhir yang terdiri dari

### **Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat**

Bab ini membahas terkait dari gambaran perancangan dan pembuatan alat secara detail dari proses awal pembuatan AC (*Air Conditioner*) *mini plant* sampai tahap akhir pembuatan AC (*Air Conditioner*) *mini plant*. Serta proses integrasi antara *hardware* dan *software*.

### **Bab IV Analisa Data dan Pembahasan**

Bab ini membahas hasil data dari alat yang dibuat dan menjelaskan kinerja dari sensor untuk mengetahui kemampuan alat ukur.

### **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan dan saran sebagai masukan untuk penelitian terkait alat ukur tekanan udara selanjutnya.

## 1.6 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem monitoring *temperature* dengan menggunakan sistem komunikasi visual studio 2013



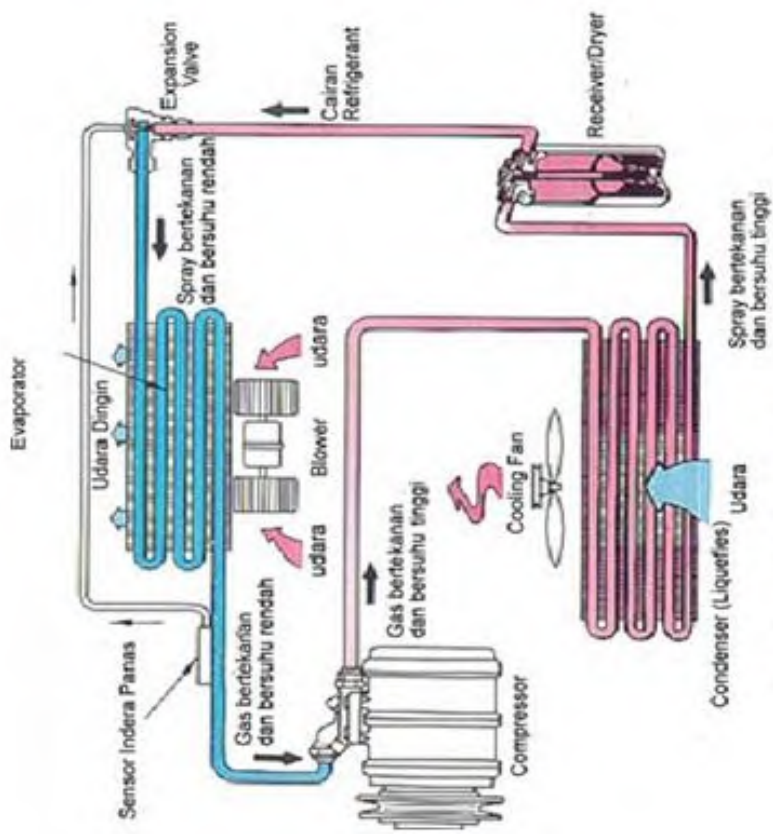
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Air Conditioning (AC)**

*Air conditioning* (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Tujuan alat ini dipakai untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan bagi tubuh. Sistem kerja AC terdiri dari bagian yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tekanan agar penguapan dan penyerapan panas dapat berlangsung. Sistem kerja AC dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Zat pendingin bertekanan dan bersuhu tinggi dari kompresor berupa gas (freon).
- b. Zat pendingin yang sudah didinginkan oleh kondensor berubah bentuk dari gas menjadi cair.
- c. Zat pendingin yang telah diturunkan tekanannya oleh katup ekspansi, berubah bentuk menjadi uap.
- d. Zat pendingin yang telah menyerap panas pada evaporator berubah bentuk menjadi gas.
- e. Zat pendingin yang berbentuk gas diberi tekanan oleh kompresor sehingga beredar dalam sistem AC, karena adanya tekanan maka zat pendingin menjadi panas.
- f. Kondensor akan mendinginkan zat pendingin tersebut (kondensasi), sementara tekanan zat pendingin masih tetap tinggi dan berubah bentuk menjadi cair.
- g. Saringan atau *filter* akan menghisap uap air dan menyaring kotoran dalam zat pendingin agar tidak beredar pada sistem.
- h. Tekanan zat pendingin pada sistem akan diturunkan oleh katup ekspansi dan berubah bentuk dari cair menjadi uap.
- i. Evaporator akan mengambil panas di sekelilingnya sehingga menyebabkan zat pendingin menguap menjadi gas dan kembali ke kompresor.
- j. Proses tersebut akan berlanjut seperti semula



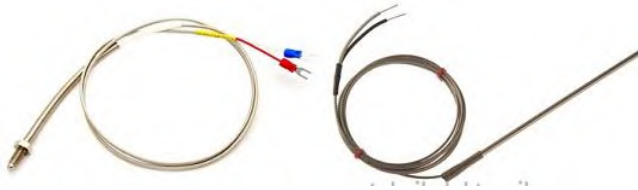
**Gambar 2.1** Sistem Air Conditioning (AC)



## 2.2 Termokopel

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.



**Gambar 2.2** *Thermocouple*

Pada *miniplant AC* ini menggunakan dua buah *thermocouple type K* yang diletakkan sebelum saluran hisap dan saluran tekan. Penggunaan *thermocouple type K* ini dikarenakan suhu yang terdapat di dalam saluran tersebut dapat mencapai suhu minus.

**Tabel 2.1** spesifikasi *thermocouple type K*

SPEKIFIKASI	RANGE
Working voltage	DC5V
Operating Current	50mA
the temperature measuring range	-200°C - 1300 °C
the temperature measurement accuracy	± 1.5 °C
the temperature resolution	0.25 °C
the output mode	SPI digital signal
storage temperature	-50 ~ 150 °C

## 2.3 *Signal Conditioning* (Pengkondisian Sinyal)

Rangkaian *signal conditioning* adalah suatu rangkaian pengkondisian sinyal yang dapat merubah suatu sinyal menjadi sinyal lain yang dikehendaki. *Signal conditioning* yang digunakan adalah dengan menggunakan MAX6675

Fungsi dari termokopel adalah untuk mengetahui perbedaan temperature di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan. Termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0°C sampai +1023,75°C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai +85°C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*.



**Gambar 2.4** Pengkondisian sinyal

#### **2.4 Liquid Crystal Display (LCD) 16X2**

*Liquid cristal display* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah *controller* CMOS didalamnya. *Controller* tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan *display* data RAM. Bentuk LCD dapat dilihat pada gambar 2.4. Semua fungsi tampilan dikontrol

oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah *interface* dengan MPU. (Setiawan,2009)



**Gambar 2.5** LCD 16X2

Dalam sistem *monitoring* keluaran sensor konduktifitas LCD yang digunakan adalah M1632 dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakter dibentuk oleh 8 baris pixel. Fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen ini adalah:

- Kaki 1 (GND), kaki ini berhubungan dengan tegangan 5 V yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
- Kaki 2 (VCC), kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt dan modul LCD.
- Kaki 3 (VEE/VLCD), tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada V5. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
- Kaki 4 (RS), *register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke register data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke *register* perintah, logika dari kaki ini adalah 0.

Kaki 5 (R/W), logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan

- pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *ground*.

- Kaki 6 (E), *Enable clock* LCD, kaki ini mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
- Kaki 7-14 (D0-D7), data bus, kedelapan kaki modul LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit atau 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- Kaki 15 (Anoda), berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* modul LCD sekitar 4,5 volt.
- Kaki 16 (Katoda), tegangan negatif *backlight* modul LCD sebesar 0 volt.

## 2.5 Arduino UNO ATmega 2560

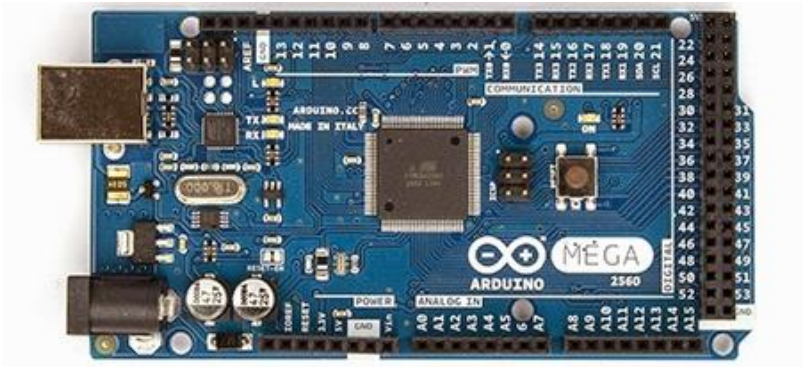
[Arduino mega 2560](#) adalah papan mikrokontroler ATmega2560 berdasarkan (datasheet) memiliki 54 digital pin input / output (dimana 15 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 analog input, 4 UART (hardware port serial), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau power dengan adaptor AC-DC atau baterai. Arduino Mega kompatibel dengan sebagian besar shield, dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Diecimila. [Mega 2560](#) adalah update dari Arduino Mega Arduino Mega2560 berbeda dari semua board sebelumnya, tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur ATmega16U2 (ATmega8U2 dalam revisi 1 dan revisi 2 papan) diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Revisi 2 dewan Mega2560 memiliki resistor menarik garis 8U2 HWB ke tanah, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU. Revisi 3 dari dewan memiliki fitur-fitur baru berikut:

1,0 pinout: menambahkan SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, yang IOREF yang memungkinkan

- perisai untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia dari papan. Di masa depan, perisai akan kompatibel baik dengan dewan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5V

dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.

- Stronger RESET sirkuit.
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2.



**Gambar 2.6** Arduino Mega 2560

## 2.6 Akurasi

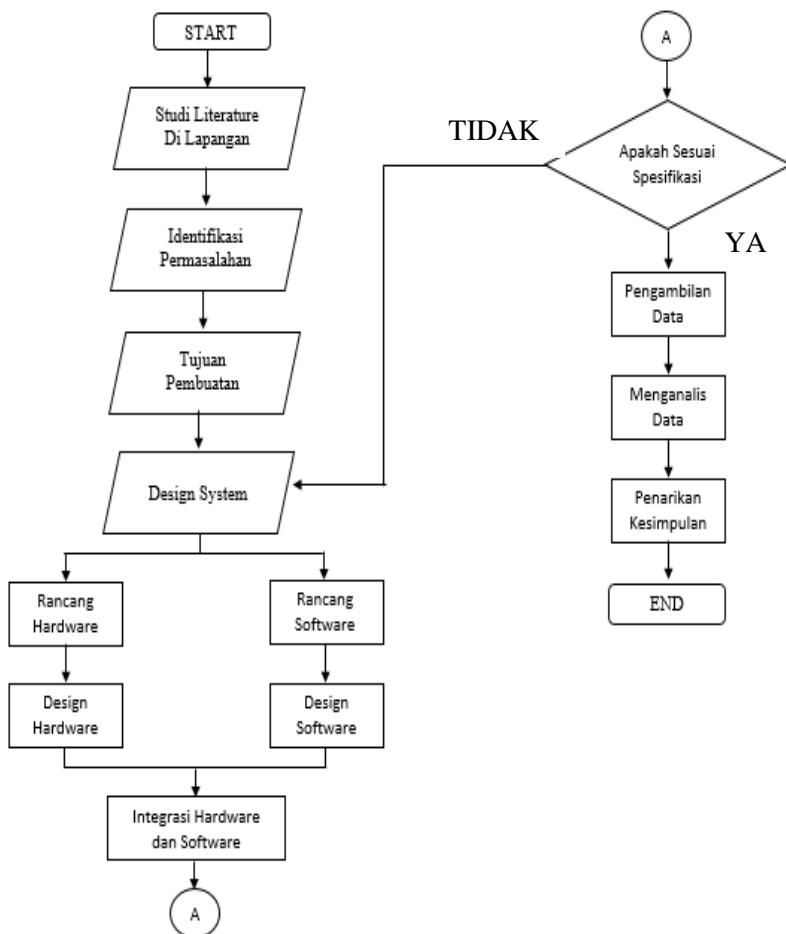
Akurasi adalah kemampuan dari alat ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari obyek yang diukur. Akurasi didefinisikan sebagai pendekatan antara nilai yang terbaca dari alat ukur dengan nilai sebenarnya. Dalam eksperimen ,nilai sebenarnya yang tidak pernah diketahui sehingga diganti dengan suatu nilai standar.(Malcolm,1985)

Halaman ini memang dikosongkan

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 *FLOWCHART* Pembuatan Alat

Langkah-langkah dalam perancangan alat ini digambarkan dalam diagram flowchart penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut ini



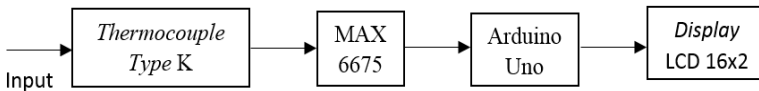
**Gambar 3.1** *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen

Perancangan sistem monitoring *temperature* pada *mini plant* AC terbagi menjadi tiga pengerjaan yakni meliputi pembuatan elektrik, pembuatan mekanik alat, dan pembuatan perangkat lunak (*Software*).

#### 3.2.1 Pembuatan Rangkaian Elektrik

Pada pembuatan rangkaian elektrik ini berisi integrasi antara sensor *pressure transmitter* TPS20 G2ZF8-00 dan ADZ – SML 10.0 dengan arduino uno Atmega 328 yang berfungsi sebagai kontrol hingga dapat menampilkan pembacaan sensor pada LCD. Seperti yang terlihat pada diagram blok berikut.



**Gambar 3.2** Diagram Blok Perancangan Alat ukur *Temperature*

Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa *temperature* sehingga setelah sensor mendeteksi adanya perubahan suhu pada sebuah plant. Outputan dari termocouple yaitu sebesar 0,04 mV setiap ada kenaikan suhu 1°C

#### 3.2.2 Perancangan Sistem AC (*Air Conditioner*) *Mini Plant*

Dalam tugas akhir ini membuat sistem *monitoring pressure* pada *mini plant* AC dengan menggunakan komunikasi *visual studio*. Adapun beberapa bagian penting dalam sistem AC yakni sebagai berikut:

a. Kompresor

Kompresor ini merupakan alat mekanis yang berfungsi untuk menaikkan tekanan refrigeran dan menghisap refrigeran bertekanan rendah dari evaporator dan



memampatkannya sampai 100-250 psi. Kompresor yang digunakan adalah kompresor *rotary*.



**Gambar 3.4** Kompresor *Rotary*

b. Kondensator

Kondensator berfungsi untuk mendinginkan gas refrigeran sehingga terkondensasi menjadi cair dengan tekanan yang tinggi. Dalam kondensator akan terjadi perubahan bentuk zat pendingin yaitu dari gas menjadi cair.



**Gambar 3.5** Kondensator

c. Evaporator

Evaporator berfungsi sebagai pendingin udara. Evaporator akan mngambil panas di sekelilingnya sehingga menyebabkan fluida kerja menguap menjadi gas dan kembali ke kompresor.



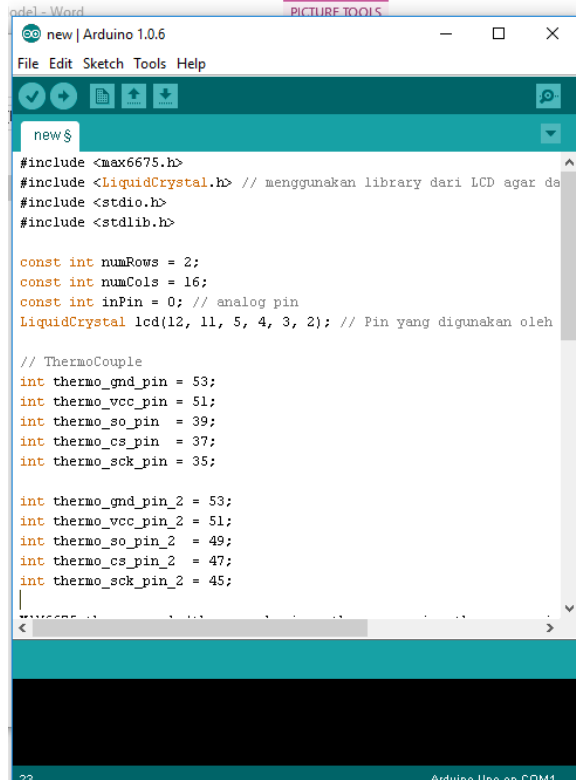
**Gambar 3.6** Evaporator

### 3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan alat ini terdapat dua *software* yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor *pressure*, yaitu *software* Arduino dan *Visual Basic*.

a. *Software* Arduino

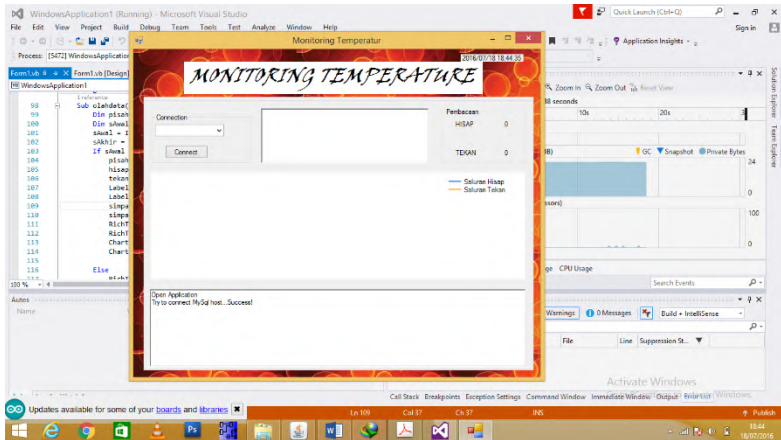
*Software* arduino ini berfungsi untuk mengintegrasikan data hasil pengukuan sensor pada Arduino Uno ATmega 328 dengan LCD 16x2 agar dapat ditampilkan. Pada *software* ini berisi *listring* program yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran suhu. Di *software* ini juga berisi *listing* program yang mampu menampilkan hasil pengukuran sensor ke LCD 16x2 sehingga nilai pengukuran sensor *Thermocouple Type K* dapat ditampilkan pada LCD 16x2.



**Gambar 3.7** Software Arduino 1.0.6

### ***b. Software Visual Studio 2013***

*Software* pada *Visual Studio 2013* ini berfungsi untuk komunikasi antara Arduino Mega dengan PC (*Personal Computer*) sehingga data pengukuran yang dibaca oleh sensor dapat dilihat pada PC karena semua data pengukuran telah masuk ke *database*.



Gambar 3.8 Tampilan *Monitoring* pada VB

### 3.3 Prosedur Kalibrasi

#### a. Peralatan

Adapun peralatan yang dibutuhkan dalam melakukan kalibrasi *water flow sensor* yakni sebagai berikut:

1. Media yang dipanaskan dan di dinginkan (air)
2. *Thermocouple type K*
3. Peralatan tulis

#### b. Prosedur Kalibrasi

*Thermocouple Type K* dikalibrasi dengan cara sebagai berikut:

1. Dipersiapkan peralatan yang diperlukan.
2. *Range* pengukuran terhadap waktu ditentukan.
3. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap waktu.
4. Hasil dari pembacaan Termometer *standart* dan sensor dicatat dalam waktu yang bersamaan.
5. Koreksi dari pengukuran dihitung dengan cara pembacaan standard dikurangi pembacaan alat.
6. *Standard Deviasi* dihitung.
7. Ketidakpastian  $U_{a1}$  dihitung dengan persamaan:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

8. Ketidakpastian  $U_{a2}$  dihitung dengan persamaan:

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

9. Ketidakpastian  $U_{b1}$  dihitung dengan persamaan:

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} x \text{Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

10. Ketidakpastian  $U_{b2}$  dihitung dengan persamaan:

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

Dimana:  $k$  = faktor cakupan

11. Ketidakpastian kombinasi dihitung

12. Ketidakpastian diperluas dihitung dengan persamaan:

$$U_{exp} = k \cdot U_c$$

Untuk memperoleh hasil perhitungan diatas, maka dihitung faktor lainnya yaitu:

- a. Derajat kebebasan ( $v$ ), dengan rumus sebagai berikut:

$$V = n - 1$$

Dimana  $n$  = banyaknya pengukuran yang dilakukan.

- b. Faktor cakupan,  $k$  diperoleh dari tabel *T-student*

Halaman ini memang dikosongkan

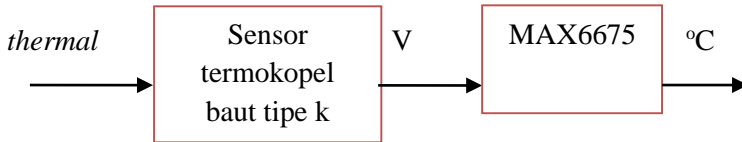
## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Uji Komponen Sistem

Agar dapat mengetahui dan menganalisa sensor yang digunakan dan rangkaian yang telah dibuat agar dapat berfungsi dengan baik diperlukan adanya pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat. Berikut ini adalah pengujian yang dilakukan terhadap masing-masing komponen pendukung sistem monitoring temperatur

#### 4.1.1 Sensor Termokopel Baut Tipe K

Pada perancangan sensor termokopel baut tipe k ini hendaknya sesuai dengan diagram blok pengukuran. Dimulai dari input sensor yang berupa panas (*thermal*) menjadi tegangan (V) yang selanjutnya diolah menjadi data temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ). Rangkaian pengkondisian sinyal menggunakan MAX6675



**Gambar 4.1** Diagram Blok Sistem Monitoring

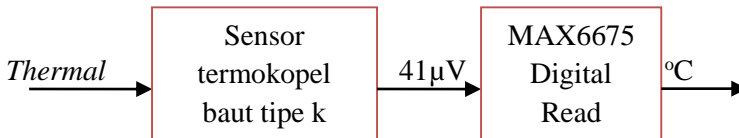
Untuk konfigurasi kaki MAX6675 dengan Arduino MEGA digunakan dua thermocouple yang masing-masing disambungkan pada pin yang berbeda di arduino MEGA. Dua thermocouple tersebut digunakan untuk mengukur saluran hisap dan saluran tekan dengan pin vcc dan ground yang sama di arduino yaitu pin 51 dan 53. Lalu untuk saluran hisap pin yang digunakan adalah pin 39 sebagai SO, pin 37 sebagai Cs, pin 35 sebagai Sck. Sedangkan untuk saluran tekan pin yang digunakan adalah pin 49 untuk SO, pin 47 untuk Cs, pin 45 untuk Sck Untuk lebih jelasnya dilihat pada tabel 4.1

**Tabel 4.1** Konfigurasi MAX6675 dengan Arduino

Konfigurasi MAX6675 dengan Arduino		
Sensor Pin	Pin Arduino	
	Hisap	Tekan
GND	53	53
VCC	51	51
SO	39	49
Cs	37	47
Sck	35	45

#### 4.1.2 Konversi ADC pada sensor termokopel baut tipe K

Sensor termokopel baut tipe K merupakan tipe sensor analog. Sensor tersebut terlebih dahulu dikonversi dengan ADC agar dapat terbaca pada *display*. Output sensor termokopel masih sangat kecil yaitu dalam  $\mu\text{V}$ . Agar dapat terbaca maka perlu dikuatkan menggunakan rangkaian MAX6675. MAX6675 merupakan rangkaian yang berfungsi sebagai penguat sekaligus rangkaian ADC karena output yang dikeluarkan langsung berupa data temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) / *DigitalRead*. Spesifikasi dari sensor termokopel baut tipe K yaitu  $0\text{-}400^{\circ}\text{C}$ .

**Gambar 4.2** Diagram blok sistem

Sumber tegangan yang digunakan pada pengujian sensor ialah dari arduino uno sebesar 5V dan ADC 10 bit dari MAX6675. Output sensor berupa tegangan  $\mu\text{V}$  yaitu sebesar  $41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Kemudian dikuatkan dengan MAX6675 agar menjadi volt (V) dengan rumus pendekatan karakteristik :

$$V_{\text{out}} = (41 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}) 5 (T_{\text{r}} - T_{\text{AMB}})$$

Dengan :



$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{output \text{ termokopel}} (\mu V) \\ T_r &= \text{Temperatur remote junction } (^{\circ}C), (150^{\circ}C) \\ T_{AMB} &= \text{Temperature Ambient } (^{\circ}C), (-20^{\circ}C - 85^{\circ}C) \end{aligned}$$

Diketahui :

- Adc 10 bit = 0-1024
- Supply Arduino = 0-5 Volt
- Tegangan output sensor =  $41 \mu V/^{\circ}C$
- $1 \mu V = 10^{-6} V$

Dicari:

- a. Cari nilai  $V_{out}$  yang dihasilkan MAX6675 ?
- b. Bagaimana Konversi ADC nya ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{a. } V_{out} &= (41 \mu V/^{\circ}C) 5 (T_r - T_{AMB}) \\ &= (41 \mu V/^{\circ}C) 5 (150 - 85) \\ &= (41 \mu V/^{\circ}C) 325 \\ &= 13325 \mu V/^{\circ}C \\ &= 0,0133 V \end{aligned}$$

Jadi setiap  $1^{\circ}C$  menghasilkan  $0,0133 V$

- b. MAX6675 memiliki fitur konversi digital langsung dari output termokopel tipe K. Dan MAX6675 ialah tipe digital read yaitu arduino hanya membaca nilai dari pin digital tertentu seperti pada tabel 4.1 konfigurasi max6675 dengan arduino.

#### 4.1.2 Uji Sensor

Pengujian alat ukur ini dilakukan dengan membandingkan alat ukur standard (sebagai kalibrator) dan alat ukur suhu yang digunakan. Alat ukur standard yang digunakan adalah Thermometer Digital K NABER 1280 yang sudah terkalibrasi. Dalam hal ini kedua alat ukur tersebut mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur alat suhu.

**Tabel 4.2** Data uji pembacaan alat ukur standard dan alat uji

Pembacaan Standart	Pembacaan Naik Thermocouple		Pembacaan Turun Thermocouple	
	Hisap	Tekan	Hisap	Tekan
5.5	5.625	5.7	6.2	6.15
9.5	9.625	9.7	8.9	9.025
13.5	13.95	13.975	13.25	13.425
17.5	18.525	18.475	17.75	17.55
22.5	23.65	23.45	23.4	23.75
26.5	27.825	27.675	27.825	27.875
30.5	31.9	31.775	32.05	31.9
34.5	36.25	35.775	36.625	36.525
38.5	40.125	40.125	40.85	40.7
42.5	44.075	44.125	43.9	43.825

Tabel diatas merupakan pengujian sensor termokopel baut tipe K dibandingkan dengan kalibrator. Pengujian dilakukan dengan pembacaan naik dan pembacaan turun dengan set point 5.5°C-42.5°C. Kemudian data yang diperoleh dihitung sesuai dengan tabel dibawah ini.



‡Tabel 4.4 Perhitungan Hasil Data Uji Thermocouple Tekan

No.	Xi	Yi	xi <sup>2</sup>	yi <sup>2</sup>	xi*yi	Yregresi	R	R <sup>2</sup>
1	5.5	-0.41	30.25	0.17	-2.27	-1.29	0.88	0.77
2	9.5	1.74	90.25	3.02	16.51	-1.34	3.08	9.46
3	13.5	-0.10	182.25	0.01	-1.35	-1.39	1.29	1.66
4	17.5	-0.64	306.25	0.41	-11.16	-1.44	0.80	0.64
5	22.5	-1.03	506.25	1.05	-23.06	-1.50	0.47	0.22
6	26.5	-1.33	702.25	1.76	-35.11	-1.54	0.22	0.05
7	30.5	-1.48	930.25	2.18	-44.99	-1.59	0.12	0.01
8	34.5	-1.94	1190.25	3.75	-66.78	-1.64	-0.29	0.09
9	38.5	-1.99	1482.25	3.95	-76.52	-1.69	-0.30	0.09
10	42.5	-1.49	1806.25	2.21	-63.22	-1.74	0.25	0.06
<u>Jumlah</u>	172.5	-8.65	6111.25	18.50	-286.62			
Rata-Rata	34.5	-1.64						
Nilai b						-0.01		
Nilai a						-1.22		
<u>Jumlah Residue</u>								13.05

□

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui ketidakpastian pengukuran sensor, perhitungan menggunakan persamaan ketidakpastian yang dapat dilihat pada lampiran, hasil pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Hasil uji sensor *Thermocouple* Hisap

a. Standar Deviasi( $\sigma$ )

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = 1.109$$

Dimana :

$y_i$  : Data Uji

$y$  : Nilai rata-rata data uji

$n$  : Jumlah Pengukuran

b. 
$$b = \frac{n \cdot \sum t_i \cdot y_i + \sum y_i \cdot \sum t_i}{(\sum t_i^2) + (\sum t_i)^2}$$

$$b = \frac{10((-268.68) + (-8,21 \times 172.5))}{10(6111.25) + (172,5^2)}$$

b= -0.05

c.  $a = y - bx$

$$a = -1,64 - (-0,05(34,5))$$

$$a = -0.02$$

d. SSR (*Sum Sequel Residual*)

$$SSR = \sum(y_i - Y_{reg})^2$$

$$SSR = 5.61$$

e.  $U_{A1}$

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{A1} = 0.35$$

f.

g.  $U_{A2}$

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

$$U_{A2} = 0.83$$

h.  $U_{B1}$

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0.002886751$$

i.  $U_{B2}$

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

$$U_{B2} = 0,0045$$

j.  $V_{eff}$  (Derajat Kebebasan Efektif)

$$V_{eff} = \frac{Uc^4}{\frac{Ua_1^4}{V_1} + \frac{Ua_2^4}{V_2} + \frac{Ub_1^4}{V_3} + \frac{Ub_2^4}{V_4}}$$

$$V_{eff} = 12.06$$

k.  $K = 1,782$  (dari tabel t-student)

l.  $U_{exp} = k \cdot U_c$

$$U_{exp} = 1,762 \times 0,9$$

$$U_{exp} = 1,58$$

2. Hasil uji sensor *Thermocouple* Tekan

a. Standar Deviasi ( $\sigma$ )

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = 0,69$$

Dimana :

$y_i$  : Data Uji

y : Nilai rata-rata data uji  
n : Jumlah Pengukuran

$$b = \frac{n \cdot \sum ti \cdot yi + \sum yi \cdot \sum ti}{(\sum ti^2) + (\sum ti)^2}$$

$$b = \frac{10(-286,62) + (-8,64 \times 172,5)}{(6111,25) + (172,5^2)}$$

$$b = -0.01$$

$$c. \quad a = y - bx$$

$$a = -1,64 - (-0,01 \times 34,5)$$

$$a = -1.22$$

$$d. \quad SSR \text{ (Sum Sequel Residual)}$$

$$SSR = \sum (y_i - Y_{reg})^2$$

$$SSR = 13.05$$

$$e. \quad U_{A1}$$

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{A1} = 0.69$$

$$f. \quad U_{A2}$$

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

$$U_{A2} = 1.27$$

$$g. \quad U_{B1}$$

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times Resolusi}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0.002886751$$

h.  $U_{B2}$

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

$$U_{B2} = 0,0045$$

i.  $V_{eff}$  (Derajat Kebebasan Efektif)

$$V_{eff} = \frac{Uc^4}{\frac{Ua_1^4}{V_1} + \frac{Ua_2^4}{V_2} + \frac{Ub_1^4}{V_3} + \frac{Ub_2^4}{V_4}}$$

$$V_{eff} = 10.03$$

j.  $K = 1,812$  (dari tabel t-student)

k.  $U_{exp} = k \cdot U_c$

$$U_{exp} = 1,812 \cdot 1,31$$

$$U_{exp} = 2,37$$

#### 4.2 Karakteristik Statik Sensor Termokopel Baut Tipe K

Karakteristik statik adalah karakteristik yang harus diperhatikan apabila alat tersebut digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah karena waktu atau hanya berubah secara lambat laun. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai karakteristik dari sensor termokopel baut tipe K diantaranya sebagai berikut :

1. Hasil Uji Sensor *Thermocouple* Hisap

a. Range :  $5.5^{\circ}\text{C} - 42.5^{\circ}\text{C}$

b. Span :  $35^{\circ}\text{C}$

c. Resolusi :  $0.25$

d. Sensitivitas :

$$\text{Sensitivitas (dari data pengujian alat)} = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

$$\frac{43.9875 - 5.9125}{42.5 - 5.5} = 1.088$$

e. Non- Linearitas

$$\text{Non- Linearitas} = (N(I)) - O(I) - (KI + a)$$

\*(berdasarkan data naik)

Non-Linearitas maksimum per unit



$$= \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Di mana:

$$\alpha(\text{zero bias}) = O_{min} - KI_{min}$$

$$\alpha(\text{zero bias}) = 5.9125 - (1.088 \times 5.5)$$

$$\alpha(\text{zero bias}) = -0,0715$$

sehingga non-linearitas maksimum per unit non-linearitas

$$\frac{1.088}{43.9875 - 5.9125} \times 100\%$$

$$\text{non-linearitas} = 0.028\%$$

f. Akurasi

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|, \text{ dengan } Y_n = \text{Pembacaan standar (I)}$$

dan  $X_n = \text{Pembacaan alat (O)}$

$$A = 1 - \left| \frac{21,9 - 24,965}{21,9} \right| = 0,87$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - (\text{akurasi} \times 100\%) = 99,13\%$$

g. O Ideal

$$O \text{ ideal} = KI + \alpha$$

$$O \text{ ideal} = KI + (O_{min} - KI_{min})$$

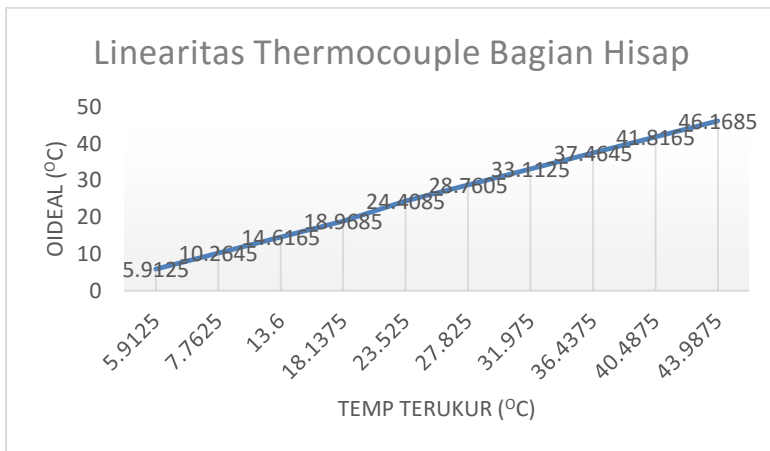
$$\text{Dimana: } O_{min} = 5,9125$$

$$O_{max} = 43,9875$$

$$I_{min} = 5,5$$

**Tabel 4.5** Perhitungan  $O_{ideal}$  Sensor *Thermocouple* Hisap

Sensor Bagian Hisap	
Oideal (1)	5.9125
Oideal (2)	10.2645
Oideal (3)	14.6165
Oideal (4)	18.9685
Oideal (5)	24.4085
Oideal (6)	28.7605
Oideal (7)	33.1125
Oideal (8)	37.4645
Oideal (9)	41.8165
Oideal (10)	46.1685

**Gambar 4.3** Grafik Linearitas *Thermocouple* Bagian Hisap

Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa nilai *input* pengukuran (nilai sesungguhnya/ standar) berbanding lurus dengan nilai *output* pengukuran (nilai yang ditunjukkan oleh alat) sehingga pengukuran yang telah dilakukan dapat dikatakan sebagai pengukuran yang ideal, dengan kata lain sensor yang digunakan dinyatakan memiliki nilai yang linear terhadap alat ukur standar.

- h. Histerisis  
 $H(I) = O(I)_{\text{naik}} - O(I)_{\text{turun}}$

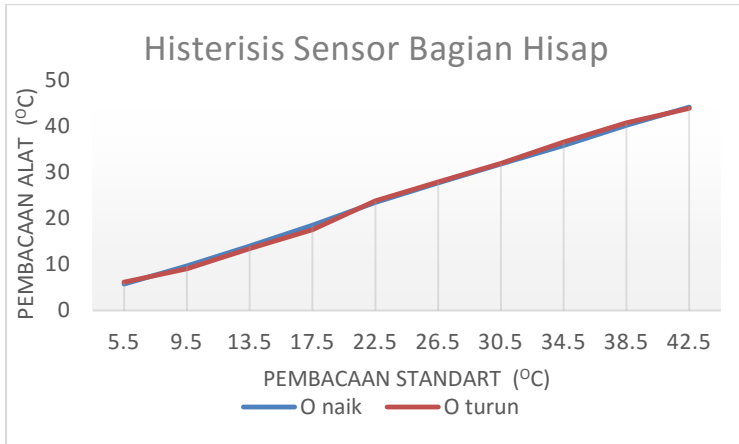
**Tabel 4.6** Perhitungan Histerisis Sensor Bagian Hisap

O naik	O turun	O max	O min	H
5.625	6.2	44.075	5.625	-0.575
6.625	8.9			-2.275
13.95	13.25			0.7
18.525	17.75			0.775
23.65	23.4			0.25
27.825	27.825			0
31.9	32.05			-0.15
36.25	36.625			-0.375
40.125	40.85			-0.725
44.075	43.9			0.175

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\widehat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\widehat{0,775}}{44,075 - 5,625} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 2\%$$



**Gambar 4.4** Grafik Histerisis Sensor Bagian Hisap

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa besarnya perbedaan (kesalahan) pengukuran ketika dilakukan pembacaan naik dengan ketika dilakukan pembacaan secara turun sebesar 2%, sehingga bisa dikatakan bahwa sensor bekerja dengan stabil untuk pengukuran naik ataupun pengukuran turun.

- i. Error
  - $e=1-A$
  - $e=1-0,87$
  - $e=0,13$
2. Hasil Uji Sensor *Thermocouple* Tekan
  - a. Range : 5.5°C-42.5°C
  - b. Span : 35°C
  - c. Resolusi : 0.25
  - d. Sensitivitas :

$$\text{Sensitivitas (dari data pengujian alat)} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{43.975 - 5.925}{42.5 - 5.5} = 1.05$$

## 3. Non- Linearitas

Non- Linearitas=(N(I))=O(I)-(KI+a)

\*(berdasarkan data naik)

Non-Linearitas maksimum per unit

$$= \frac{\dot{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Di mana:

$\alpha(\text{zero bias})=O_{min}-KI_{min}$

$\alpha(\text{zero bias})=5.925-(1.05 \times 5.5)$

$\alpha(\text{zero bias})= -0,15$

sehingga non-linearitas maksimum per unit

non-linearitas

$$\frac{1.05}{43.975 - 5.925} \times 100\%$$

non-linearitas= 0.027%

## 4. Akurasi

$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|$ , dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I)  
dan  $X_n$  = Pembacaan alat (O)

$$A = 1 - \left| \frac{21,9 - 25,075}{21,9} \right| = 0,14$$

% Akurasi=100-(akurasi x 100%)=86%

## 5. O Ideal

O ideal=KI+ $\alpha$

O ideal = KI+(O<sub>min</sub>-KI<sub>min</sub>)

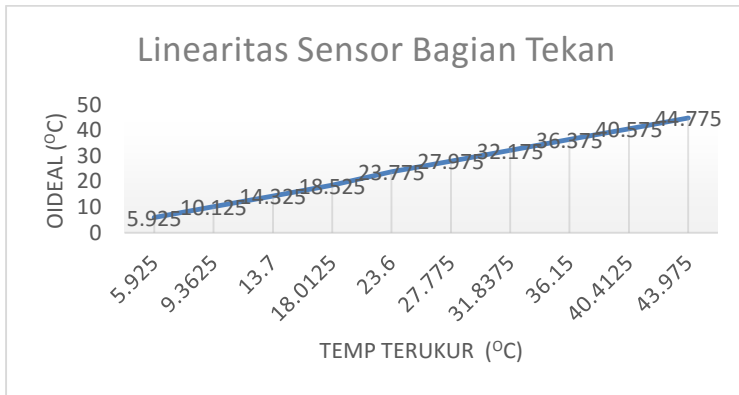
Dimana: O<sub>min</sub>=5,925

O<sub>max</sub>=43,975

I<sub>min</sub>=5,5

**Tabel 4.7** Perhitungan  $O_{ideal}$  Sensor *Thermocouple* Tekan

Sensor Bagian Hisap	
Oideal (1)	5.9125
Oideal (2)	10.2645
Oideal (3)	14.6165
Oideal (4)	18.9685
Oideal (5)	24.4085
Oideal (6)	28.7605
Oideal (7)	33.1125
Oideal (8)	37.4645
Oideal (9)	41.8165
Oideal (10)	46.1685

**Gambar 4.5** Grafik Linearitas *Thermocouple* Bagian Tekan

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai *input* pengukuran (nilai sesungguhnya/ standar) berbanding lurus dengan nilai *output* pengukuran (nilai yang ditunjukkan oleh alat) sehingga pengukuran yang telah dilakukan dapat dikatakan sebagai pengukuran yang ideal, dengan kata lain sensor yang digunakan dinyatakan memiliki nilai yang linear terhadap alat ukur standar.

## 6. Histerisis

$$H(I)=O(I)_{\text{naik}}-O(I)_{\text{turun}}$$

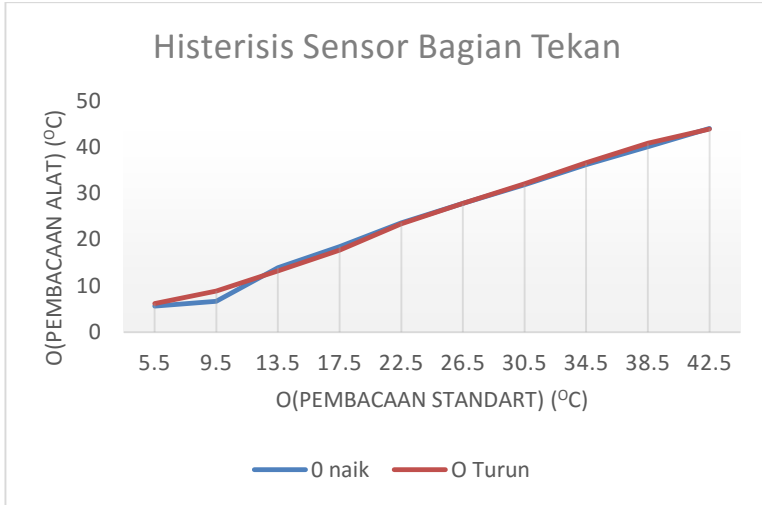
**Tabel 4.8** Perhitungan Histerisis Sensor Bagian Tekan

O naik	O turun	Omax	Omin	H
5.7	6.15	44.125	5.7	-0.45
9.7	9.025			0.675
13.975	13.425			0.55
18.475	17.55			0.925
23.45	23.75			-0.3
27.675	27.875			-0.2
31.775	31.9			-0.125
35.775	36.525			-0.75
40.125	40.7			-0.575
44.125	43.825			0.3

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\hat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,925}{44,125 - 5,7} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 1,15\%$$



**Gambar 4.6** Grafik Histerisis Sensor Bagian Tekan

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa besarnya perbedaan (kesalahan) pengukuran ketika dilakukan pembacaan naik dengan ketika dilakukan pembacaan secara turun sebesar 0,000491%, sehingga bisa dikatakan bahwa sensor bekerja dengan stabil untuk pengukuran naik ataupun pengukuran turun.

#### 7. Error

$$e=1-A$$

$$e=1-0,86\%$$

$$e=0,14\%$$

### 4.3 Pengujian Alat Ukur pada *Plant Air Conditioner (AC)*

Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data dengan mempertimbangkan besaran *persentase* putaran motor fan pada *evaporator* dan juga *persentase* putaran motor pada kompresor. Adapun data pengujian tersebut ditunjukkan pada tabel berikut ini:



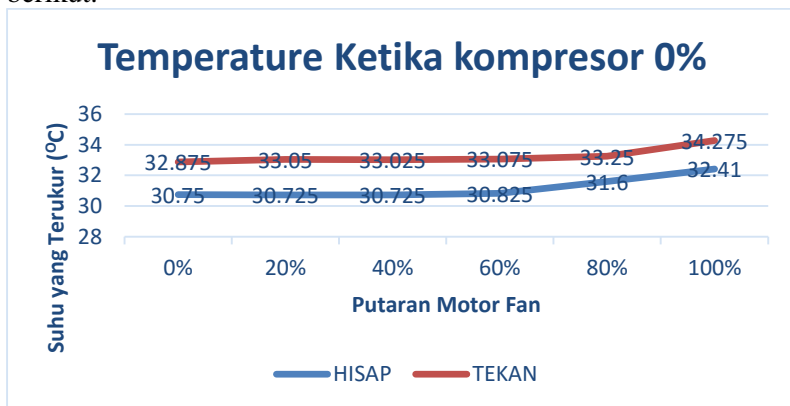
**Tabel 4.9** *Temperature pada Plant Air Conditioner(AC)*

Putaran kompresor	Tekanan		putaran motor fan	Suhu	
	Hisap	Tekan		Hisap	Tekan
0%	13.88	20.834	0%	29.25	28.95
			20%	29.125	29.85
			40%	28.525	29.575
			60%	29.325	29.45
			80%	29.45	29.95
			100%	29.45	29.925
20%	13.85	20.777	0%	21.625	25.2
			20%	24.075	24.975
			40%	24.1	25.25
			60%	24.5	24.99
			80%	23.475	24.525
			100%	24.125	24.975
40%	9.09	23.745	0%	22.8	25.075
			20%	21.975	24.975
			40%	22.45	25.25
			60%	21.525	25.35
			80%	22.925	25.275
			100%	21.825	25.125
60%	6.89	10.435	0%	19.425	20.8
			20%	18.95	22.075
			40%	20.05	22.625
			60%	20.575	22.7
			80%	20.875	22.5
			100%	20.775	22.475

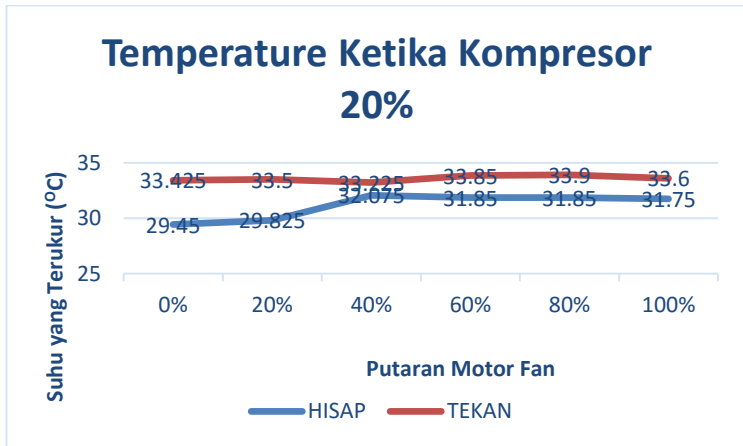
Lanjutan **Tabel 4.9**

Putaran kompresor	Tekanan		putaran motor fan	Suhu	
	Hisap	Tekan		Hisap	Tekan
80%	6.21	9.39	0%	21.175	21.725
			20%	19.45	21.85
			40%	21.225	22.95
			60%	21.075	22.7
			80%	21.475	23.15
			100%	22	23.6
100%	5.97	9.04	0%	19.725	23.275
			20%	20.7	23.625
			40%	20.9	23.6
			60%	20.825	23.225
			80%	21.625	23.8
			100%	21.625	24.025

Adapun grafik hubungan antara *temperature* dengan besaran *persentase* putaran motor fan pada *evaporator* dan juga *persentase* putaran motor pada kompresor dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

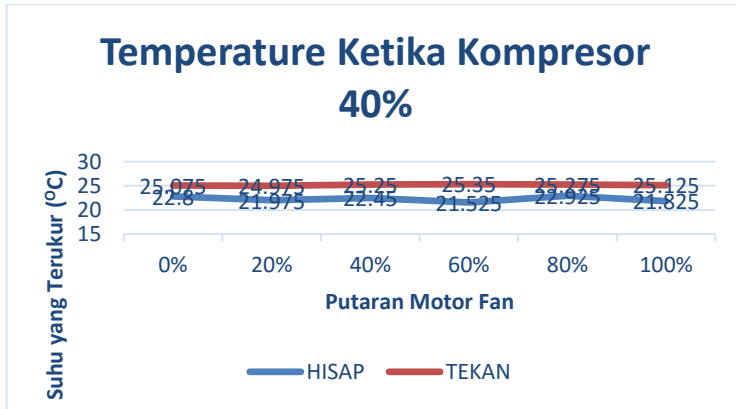
**Gambar 4.7** Grafik Temperatur Ketika Kompresor 0%

Dari gambar 4.7 dapat terlihat apabila kompresor tidak dinyalakan atau putarannya 0% lalu kemudian putaran fan dinyalakan maka akan menyebabkan udara mengalami kenaikan suhu karena ada suhu yang ditekan sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan suhu di dalam saluran hisap dan saluran tekan ketika putaran motor dinyalakan.



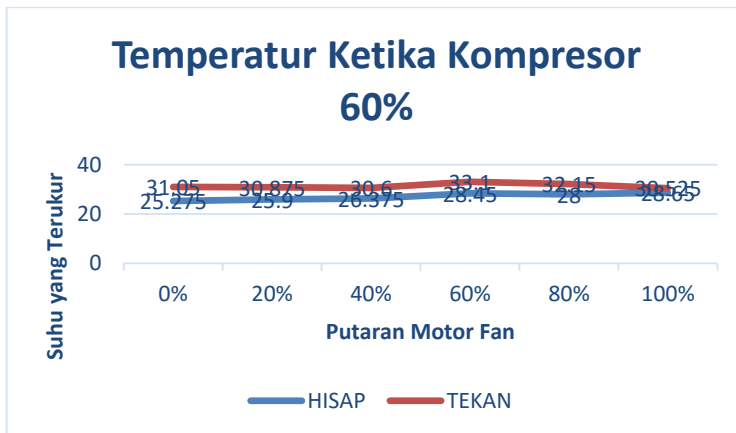
**Gambar 4.8** Grafik Temperature Ketika Kompresor 20%

Dari gambar 4.8 dapat terlihat bahwa apabila putaran kompresor dinyalakan 20% maka suhu yang ada didalam saluran hisap dan saluran tekan mengalami rata-rata kenaikan suhu dikarenakan adanya putaran motor yang terjadi terus menerus



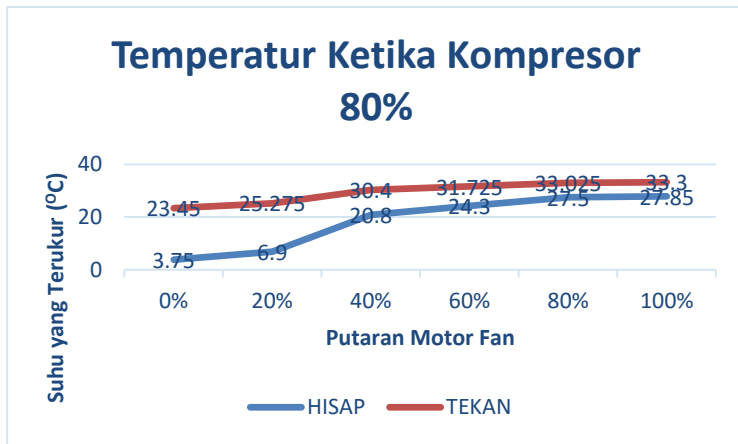
**Gambar 4.9** Grafik Temperatur Ketika Kompresor 40%

Dari gambar 4.9 dapat terlihat bahwa apabila putaran kompresor dinyalakan 40% atau dinyalakan maksimal(hidup) maka suhu yang ada didalam saluran hisap mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil. Namun pada saluran tekan relative lebih stabil (*steady*). Hal ini dikarenakan pada saluran ketika motor *fan* dinyalakan maka yang akan mengalami penyesuaian adalah pada saluran hisapnya sedangkan pada salura tekan relatif tidak mengalami penyesuaian.



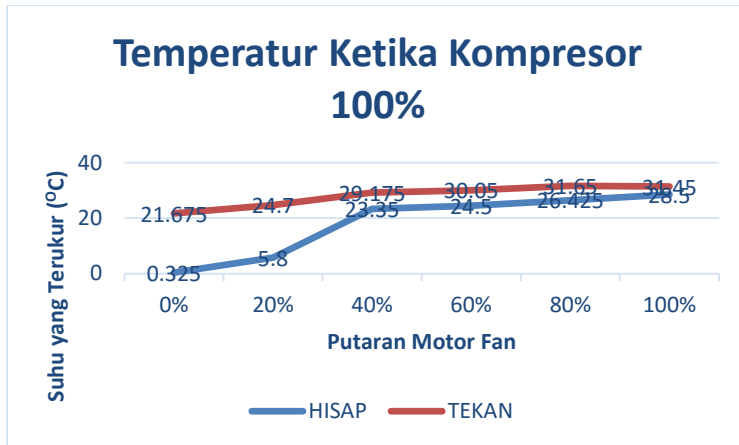
**Gambar 4.10** Grafik Temperatur Ketika Kompresor 60%

Dari gambar 4.10 dapat terlihat bahwa apabila putaran kompresor dinyalakan 60% maka suhu yang ada didalam saluran hisap dan saluran tekan juga mengalami kenaikan terus menerus hanya saja pada putan motor fan 80% dan 100% mengalami penurunan. Hal ini bisa dikarenakan kompresor sendiri yang mungkin sudah mulai “lelah” sehingga menurunkan stamina kerja dari kompresor itu sendiri.



**Gambar 4.11** Grafik Temperatur Ketika Kompresor 80%

Dari gambar 4.11 dapat terlihat bahwa apabila putaran kompresor dinyalakan 80% maka suhu yang ada didalam saluran hisap dan saluran tekan relative lebih stabil (*steady*). Selain itu tampak pula perubahan suhu yang relative panas ketika putaran motor fan dinyalakan dan intensitas putarannya lebih dipercepat.



**Gambar 4.12** Grafik Temperatur Kompresor 100%

Dari gambar 4.12 dapat terlihat bahwa apabila putaran kompresor dinyalakan 100% atau dinyalakan maksimal(hidup) maka suhu yang ada didalam saluran hisap dan saluran tekan relatif mengalami kenaikan ketika motor *fan* evaporator dinyalakan dan intensitasnya dipercepat.

#### 4.6 Pembahasan

Tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring *Temperature* Pada *Plant Ac Refrigerant* Berbasis Arduino Mega Di Laboratorium Workshop Instrumentasi” ini bertujuan untuk mengetahui keadaan temperatur di dalam *Plant AC Refrigerant* melalui display pada PC. Menggunakan sensor *Thermocouple* baut tipe K dan sebagai alat ukur temperatur dan MAX6675 sebagai rangkaian pengkondisian sinyal.

Sebelum sensor ini digunakan perlu dilakukan kalibrasi untuk mengetahui performansi dari sensor tersebut. Kalibrasi sensor termokopel ini menggunakan Alat ukur standard yakni *Thermometer Digital* yang sudah terkalibrasi. Dilakukan pada *range* 5,5°C hingga 42,5°C. Kedua alat tersebut dimasukkan kedalam cairan yang telah diukur sebelumnya suhunya. Setelah dilakukan pengujian sensor yaitu dilakukan perhitungan kalibrasi. Dari tabel 4.2 didapatkan hasil pengukuran temperatur pada alat

standar dan alat uji. Untuk pembacaan sensor *Thermocouple* yang diletakkan pada saluran hisap didapatkan nilai ketidakpastian pengukuran temperatur dengan hasil  $U_{a1} = 0,35$   $U_{a2} = 0,83$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 0,9$ . Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas tersebut menghasilkan nilai  $U_{expand}$  sebesar  $\pm 1,58$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Hasil dari perhitungan ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan dari sensor termokopel baut tipe K yang akan digunakan. Sensor tersebut memiliki karakteristik statik diantaranya resolusi sebesar 0.25, sensitivitas 1,088 °C dan akurasi sebesar 99,13%.

Sedangkan untuk sensor *Thermocouple* yang diletakkan pada saluran tekan didapatkan nilai ketidakpastian pengukuran temperatur dengan hasil  $U_{a1} = 0,69$   $U_{a2} = 1,27$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 1,31$ . Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas tersebut menghasilkan nilai  $U_{expand}$  sebesar  $\pm 2,37$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Hasil dari perhitungan ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan dari sensor termokopel baut tipe K yang akan digunakan. Sensor tersebut memiliki karakteristik statik diantaranya resolusi sebesar 0.25, sensitivitas 1,05 °C dan akurasi sebesar 86%.

Pada pengambilan data dengan menggunakan *Plant AC Refrigerant* dilakukan pembacaan berulang yaitu sebanyak 10 kali dengan rentang waktu tertentu. Pengambilan data ini mempertimbangkan pada besarnya *Persentase* putaran motor *Fan* pada *Evaporator* serta besarnya *persentase* putaran motor kompresor. Data pembacaan sensor dapat dilihat pada tabel 4.6 diatas. Lalu untuk grafiknya dapat diambil suhu pada AC ketika kompresor berputar antara *range* 0%-100%. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa suhu dari AC itu sendiri dapat dipengaruhi oleh putaran motor fan dan juga putaran motor kompresor. Ketika motor fan dinyalakan maka yang paling berpengaruh besar adalah suhu yang ada di saluran hisap karena suhu tersebut akan mengalami kenaikan. Sedangkan pada saluran tekan akan mengalami penurunan. Sebaliknya bila ada putaran kompresor

dinyalakan maka yang berpengaruh adalah pada saluran hisap yaitu adanya penurunan suhu. Sedangkan pada saluran tekan, suhu yang ada didalamnya menjadi naik. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa putaran motor fan dan putaran motor kompresor memiliki nilai yang berkebalikan sehingga membuat suhu yang ada di dalam



## LAMPIRAN A

### DATASHEET K-TYPE THERMOCOUPLE MAX6675

K-type thermocouple memiliki range pembacaan 0°C – 400 °C dan penguat atau pengkondisian sinyal MAX6675 memiliki range untuk termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0 C sampai +1023,75 C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20 C sampai +85 C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*. Device mengkonversi temperature ambient yang terjadi ke bentuk tegangan menggunakan sensor temperature diode. Untuk dapat melakukan pengukuran actual, MAX6675 mengukur tegangan dari output termokopel dan tegangan dari sensing diode.

Performance optimal MAX6675 dapat tercapai pada waktu termokopel bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki temperature yang sama. Hal ini untuk menghindari penempatan komponen lain yang menghasilkan panas didekat MAX6675.

#### **Konversi Temperatur**

Untuk mendapatkan nilai suhu pada termokopel tipe-K, perubahan tegangan sebesar 41µV/C dengan menggunakan pendekatan karakteristik dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) 5 (T_R - T_{AMB})$$

Dengan:

$$V_{OUT} = \text{Voutput termokopel } (\mu V)$$

$T_R$  adalah temperatur remote junction (°C)

$T_{AMB}$  adalah temperature ambient (°C)

## MAX6675

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

## General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.5LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

## Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

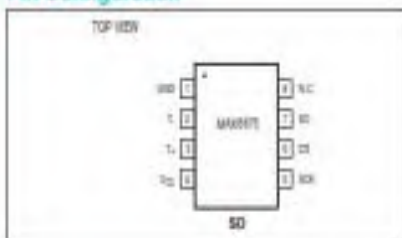
## Features

- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

## Ordering Information

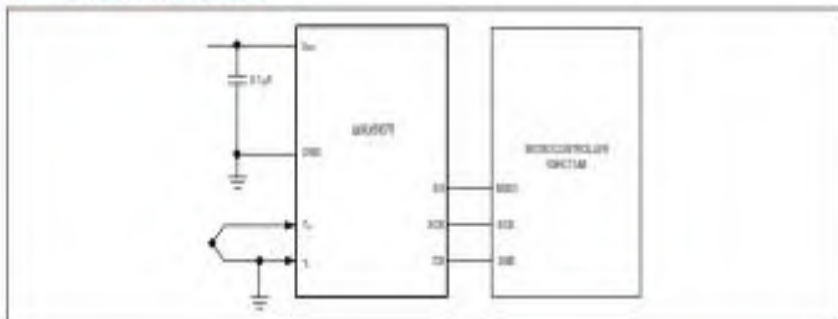
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

## Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

## Typical Application Circuit



### Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage ( $V_{CC}$ to GND) .....	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND .....	-0.3V to $V_{CC} + 0.3V$	Junction Temperature .....	+150°C
SO Current .....	50mA	SO Package .....	
ESD Protection (Human Body Model) .....	±2000V	Vapor Phase (60s) .....	+215°C
Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ\text{C}$ ) .....		Infrared (15s) .....	+220°C
8-Pin SO (derate 5.55mW/°C above +70°C) .....	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C
Operating Temperature Range .....	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### Electrical Characteristics

( $V_{CC} = +3.0V$  to +5.5V,  $T_A = -20^\circ\text{C}$  to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		THERMOCOUPLE = +700°C, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-5	+5	LSB
			$V_{CC} = +5V$	-6	+6	
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-8	+8	
			$V_{CC} = +5V$	-9	+9	
THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-17	+17			
	$V_{CC} = +5V$	-19	+19			
Thermocouple Conversion Constant			10.25		$\mu\text{V/LSB}$	
Cold-Junction Compensation Error		$T_A = -20^\circ\text{C}$ to +85°C (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-3.0	+3.0	°C
			$V_{CC} = +5V$	-3.0	+3.0	
Resolution			0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance			60		k $\Omega$	
Supply Voltage	$V_{CC}$		3.0	5.5	V	
Supply Current	$I_{CC}$		0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		$V_{CC}$ rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis			50		mV	
Conversion Time		(Note 2)	0.17	0.22	s	
<b>SERIAL INTERFACE</b>						
Input Low Voltage	$V_{IL}$			0.3 x $V_{CC}$		V
Input High Voltage	$V_{IH}$		0.7 x $V_{CC}$			V
Input Leakage Current	$I_{LEAK}$	$V_{IN} = \text{GND or } V_{CC}$		±5		$\mu\text{A}$
Input Capacitance	$C_{IN}$		5			pF

## Electrical Characteristics (continued)

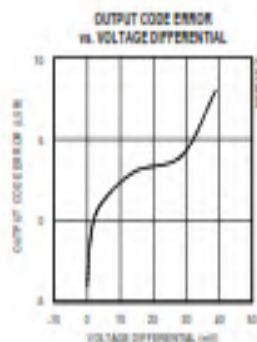
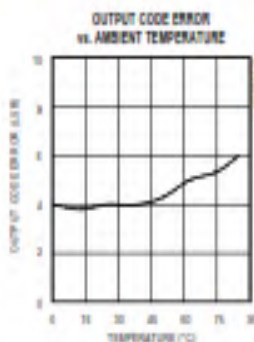
(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +5.5V, T<sub>A</sub> = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>SOURCE</sub> = 1.6mA	V <sub>CC</sub> - 0.4			V
Output Low Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>SINK</sub> = 1.6mA			0.4	V
<b>TIMING</b>						
Serial Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t <sub>CH</sub>		100			ns
SCK Pulse Low Width	t <sub>CL</sub>		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t <sub>CSB</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t <sub>OV</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t <sub>OK</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t <sub>DO</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns

**Note 1:** All specifications are 100% tested at T<sub>A</sub> = +25°C. Specification limits over temperature (T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

## Typical Operating Characteristics

(V<sub>CC</sub> = +3.3V, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

## Applications Information

### Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force  $\overline{CS}$  low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing  $\overline{CS}$  low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing  $\overline{CS}$  high.

Force  $\overline{CS}$  low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

### Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

### Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1 $\mu$ F ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

### Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

### Reducing Effects of Pick-Up Noise

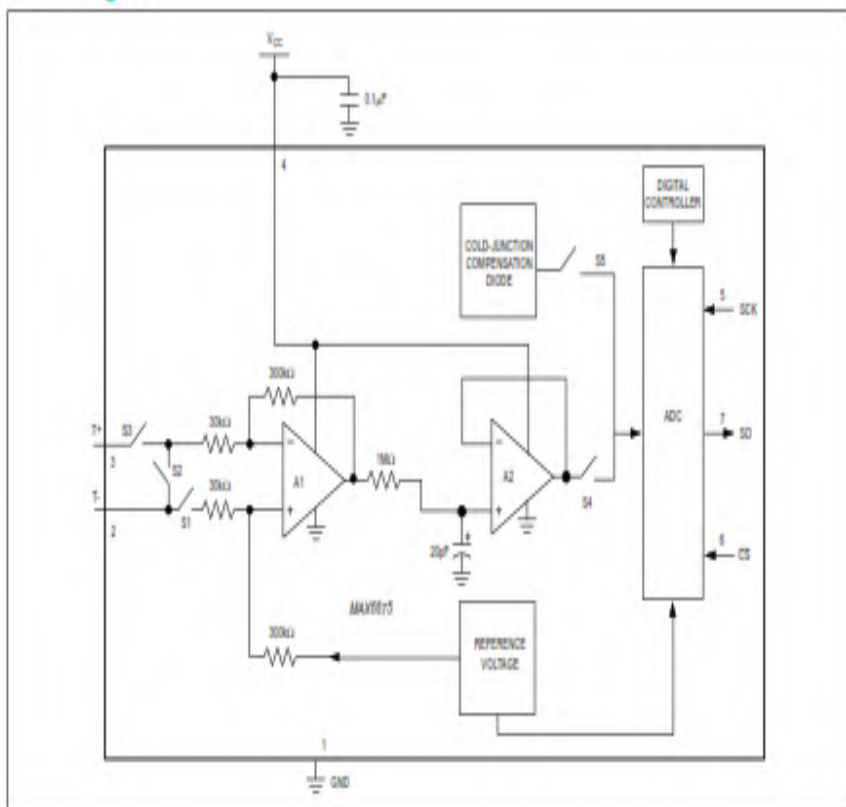
The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

## Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS

## Block Diagram



## Package Information

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to [www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages). Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
8 SO	SO+2	<a href="#">21-0041</a>	<a href="#">90-0096</a>

## LAMPIRAN B DATASHEET ARDUINO MEGA 2560

### Arduino MEGA 2560



#### Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

#### Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half scm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares

RADIONICS



# Technical Specification

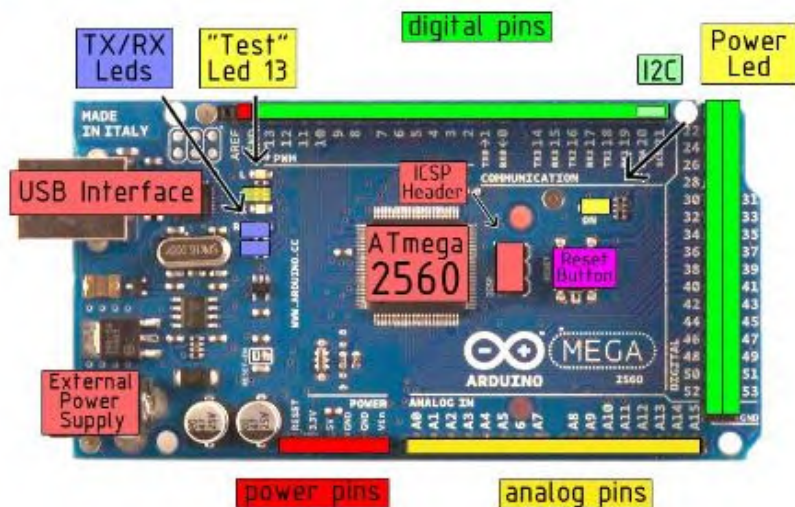


EAGLE files: [\\_arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-sche.matic.pdf](#)

## Summary

Micro controller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (re commended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



*radiospares*

*RADIONICS*







## LAMPIRAN C

### LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

```
#include <max6675.h>
#include <LiquidCrystal.h> // menggunakan library dari LCD
agar dapat menggunakan LCD sebagai output
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

const int numRows = 2;
const int numCols = 16;
const int inPin = 0; // analog pin
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); // Pin yang digunakan oleh
LCD

// ThermoCouple
int thermo_gnd_pin = 53;
int thermo_vcc_pin = 51;
int thermo_so_pin = 39;
int thermo_cs_pin = 37;
int thermo_sck_pin = 35;

int thermo_gnd_pin_2 = 53;
int thermo_vcc_pin_2 = 51;
int thermo_so_pin_2 = 49;
int thermo_cs_pin_2 = 47;
int thermo_sck_pin_2 = 45;

MAX6675 thermocouple(thermo_sck_pin , thermo_cs_pin,
thermo_so_pin);
MAX6675 thermocouple2(thermo_sck_pin_2 , thermo_cs_pin_2,
thermo_so_pin_2);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(thermo_vcc_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(thermo_vcc_pin, HIGH);
```

```
    pinMode(thermo_gnd_pin, OUTPUT);
    digitalWrite(thermo_gnd_pin, LOW);
    pinMode(thermo_vcc_pin_2, OUTPUT);
    digitalWrite(thermo_vcc_pin_2, HIGH);
    pinMode(thermo_gnd_pin_2, OUTPUT);
    digitalWrite(thermo_gnd_pin_2, LOW);

    lcd.begin(16,2);
}

void loop() {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("HISAP: ");
    lcd.print(thermocouple.readCelsius());
    Serial.print("%|");
    Serial.print(thermocouple.readCelsius());

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("TEKAN: ");
    lcd.print(thermocouple2.readCelsius());

    Serial.print("|");
    Serial.print(thermocouple2.readCelsius());
    Serial.println("/");

    delay(3000);
}
```

**LAMPIRAN D**  
**LISTING PROGRAM VISUAL STUDIO 2015**

```
Imports System.IO.Ports
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form1
    Private sqlconn As New MySqlConnection
    Private sqlcomm As MySqlCommand
    Private hisap, tekan As Double
    Private cntr, paramT, hitT As Integer
    Private WithEvents myTimer As New Timer
    Private konek As Boolean
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
        konek = True
        RichTextBox2.AppendText("Open Application" +
vbNewLine)
        RichTextBox2.AppendText("Try to connect MySql host...")
        RichTextBox2.ScrollToCaret()

        sqlconn.ConnectionString =
"Server=127.0.0.1;Database=monitoring_temperatur;Uid=root;P
wd=";
        Try
            sqlconn.Open()
        Catch ex As Exception
            konek = False
            RichTextBox2.AppendText("Failed!" + vbNewLine)
            RichTextBox2.ScrollToCaret()
        End Try
        If sqlconn.State = ConnectionState.Open Then
            RichTextBox2.AppendText("Success!" + vbNewLine)
            RichTextBox2.ScrollToCaret()
        End If
        hisap = 0
        tekan = 0
    End Sub
End Class
```

```

tampilanForm()

Timer1.Enabled = True
Timer1.Interval = 500
Timer1.Stop()

myTimer.Enabled = True
myTimer.Interval = 800
myTimer.Start()
End Sub
Sub tampilanForm()
    Button1.Text = "Connect"
    GroupBox1.Text = "Connection"
    Me.Text = "Monitoring Temperatur"
    Label1.Text = "HISAP"
    Label2.Text = "TEKAN"
    Label3.Text = "0"
    Label4.Text = "0"
    Label5.Text = Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm:ss")
    getports()
End Sub
Sub getports()
    ComboBox1.Items.Clear()
    For Each i As String In My.Computer.Ports.SerialPortNames
        ComboBox1.Items.Add(i)
    Next
End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button1.Click
    If SerialPort1.IsOpen Then
        SerialPort1.Close()
    If Not SerialPort1.IsOpen Then

RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd

```

```
HH:mm:ss") + " " + SerialPort1.PortName + " Closed" +  
vbNewLine)
```

```
    RichTextBox2.ScrollToCaret()
```

```
    Button1.Text = "Connect"
```

```
    hitT = 0
```

```
    paramT = 0
```

```
    cntr = 0
```

```
    Timer1.Stop()
```

```
End If
```

```
ElseIf Not SerialPort1.IsOpen Then
```

```
    SerialPort1.BaudRate = 9600
```

```
    Try
```

```
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
```

```
        SerialPort1.Open()
```

```
    Catch ex As Exception
```

```
RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd  
HH:mm:ss") + " " + ex.Message + vbNewLine)
```

```
    RichTextBox2.ScrollToCaret()
```

```
End Try
```

```
If SerialPort1.IsOpen Then
```

```
    Button1.Text = "Disconnect"
```

```
RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd  
HH:mm:ss") + " " + SerialPort1.PortName + " Opened" +  
vbNewLine)
```

```
    RichTextBox2.ScrollToCaret()
```

```
    hitT = 0
```

```
    paramT = 0
```

```
    cntr = 0
```

```
    Timer1.Start()
```

```
End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```

Private Sub SerialPort1_DataReceived(sender As Object, e As
SerialDataReceivedEventArgs) Handles
SerialPort1.DataReceived
    Dim baca As String = SerialPort1.ReadLine
    Me.Invoke(New myDel(AddressOf olahdata), baca)
End Sub
Delegate Sub myDel(ByVal [data] As String)
Sub olahdata(ByVal [DATA] As String)
    Dim pisahData As String()
    Dim sAwal, sAkhir As Integer
    sAwal = InStr(DATA, "%")
    sAkhir = InStr(DATA, "/")
    If sAwal <> 0 And sAkhir <> 0 Then
        pisahData = DATA.Split("|")
        hisap = Val(pisahData(1))
        tekan = Val(pisahData(2))
        Label3.Text = hisap.ToString
        Label4.Text = tekan.ToString
        simpanData(pisahData(1))
        simpanData(pisahData(2))
        RichTextBox1.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + " " + DATA + " " + vbNewLine)
        RichTextBox1.ScrollToCaret()
        Chart1.Series("Saluran
Hisap").Points.AddXY(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss"), hisap)
        Chart1.Series("Saluran
Tekan").Points.AddXY(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss"), tekan)

    Else
        RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + " " + "Bad Data" + vbNewLine)
        RichTextBox2.ScrollToCaret()
    End If
End Sub

```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub myTimer_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
Handles myTimer.Tick
    Label5.Text = Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm:ss")
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Timer1.Tick
    hitT = Now.ToString("ss")
    If paramT <> hitT Then
        paramT = hitT
        cntr += 1
        If cntr = 3 Then
            cntr = 0
            If konek Then
                'simpanData("INSERT INTO `temperatur`(`waktu`,
`hisap`, `tekan`) VALUES (" + Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + "," + Label3.Text + "," + Label4.Text.ToString +
"")")
                'simpanData("INSERT INTO `temperatur`(`waktu`,
`hisap`, `tekan`) VALUES (" + Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + "," + hisap.ToString + "," + tekan.ToString +
"")")
            Else
```

```
RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + " Not connected MySql host. Try to connect
MySql host...")
```

```
    Try
        sqlconn.Open()
    Catch ex As Exception
        konek = False
        RichTextBox2.AppendText("Failed!" +
vbNewLine)
    End Try
```



```

        If sqlconn.State = ConnectionState.Open Then
            konek = True
            RichTextBox2.AppendText("Success!" +
vbNewLine)
                simpanData("INSERT INTO
`temperatur`(`waktu`, `hisap`, `tekan`) VALUES (" +
Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm:ss") + "," +
hisap.ToString + "," + tekan.ToString + ")")
                'simpanData("INSERT INTO
`temperatur`(`waktu`, `hisap`, `tekan`) VALUES (" +
Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm:ss") + "," + Label3.Text +
", " + Label4.Text.ToString + ")")
                    End If
                RichTextBox2.ScrollToCaret()
            End If
        End If
    End If
End Sub

Sub simpanData(ByVal query As String)
    sqlcomm = New MySqlCommand(query, sqlconn)
    Try
        sqlcomm.ExecuteNonQuery()
        RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + " Data inserted into database" + vbNewLine)
        RichTextBox2.ScrollToCaret()
    Catch ex As Exception
        RichTextBox2.AppendText(Now.ToString("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss") + " " + ex.Message + vbNewLine)
        RichTextBox2.ScrollToCaret()
        konek = False
    End Try
End Sub
End Class

```

**LAMPIRAN E**  
**TABEL PERHITUNGAN TEMPERATUR PADA AC**

Kompresor 0% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
31.25	33.5
31	32.75
30.75	33
30.75	32.75
31	33
30.5	33
30.25	32.5
30.5	32.5
30.75	33
30.75	32.75

Kompresor 0% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
30.5	32.5
30.5	33
30.75	33.25
30	33
30.75	33.25
30	33.5
30.75	33.25
30.75	33
32.25	33
31	32.75

Kompresor 0% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
30.5	33.25
31	33
31	32.5
30.5	33
30.5	33.5
30.5	33.25
30.5	33.25
30.75	33
30.75	32.75
31.25	32.75

Kompresor 0% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
31.25	32.75
30.75	33
30.5	33.25
30.75	33.5
30.75	33.25
31	33.25
30.75	33
31.25	33
30.5	32.75
30.75	33

### Kompresor 0% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
31.75	33
31.25	33
31.5	33.25
32	33.5
31.5	33.75
32	33
31.25	33.25
31.5	33
31.5	33.25
31.75	33.5

### Kompresor 0% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
32.35	34.5
32	34.25
32.75	34.5
32.5	34.25
32.75	33.75
32	34.25
32.5	34
32.5	34.5
32.5	34.25
32.25	34.5

Kompresor 20% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
29.25	33
29	33.5
29.75	34
29.75	33.25
29.5	33.5
29.5	33.25
30	33.5
28.75	33.5
29.25	33.25
29.75	33.5

Kompresor 20% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
29.5	33.5
30	33
30	33.75
29.75	33.75
30	33.5
29.75	33.25
29.75	34
29.5	32.75
29.5	33.5
30.5	34

Kompresor 20% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
31.75	33.5
31.75	33.5
32.25	33.25
32	33.25
31.75	32.75
32.5	33
32	32.75
32.25	33.5
32.25	33.25
32.25	33.5

Kompresor 20% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
31.5	33.75
31.75	34
32	34
31.75	34
32	33.75
31.75	33.5
31.75	33.75
32.25	34
32	33.5
31.75	34.25

Kompresor 20% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
32.25	34
32	34
32	34
31.75	33.75
32	34
31.75	34
31.25	33.75
31.75	33.5
32	34
31.75	34

Kompresor 20% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
29.5	31.5
32.25	34
32	33.75
32	33.5
32	34
31.75	33.5
32	34
32	34
32	33.75
32	34

Kompresor 40% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
22.75	25.5
22.25	25
22.75	25.25
22.75	25.25
22.5	25
23	25.25
23.25	24.75
22.75	25
23	25.25
23	24.5

Kompresor 40% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
21.75	24.75
22.25	25.25
22	25
21.5	24.5
21.75	25.5
22	25
22.5	24.5
21.75	25
22	25.25
22.25	25



Kompresor 40% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
22.25	25.25
22.25	25.25
22.5	25
22.75	25.25
22	25.5
22.5	25.25
22.25	25
22.25	25
22.75	25.25
23	25.75

Kompresor 40% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
21	25.5
21.5	25.75
21.75	26
21.75	25.75
21.25	25.25
20.25	25
21.25	25
21.75	25.25
21.5	25.5
23.25	24.5

Kompresor 40% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
23	25.5
22.75	25
22.75	25.25
23.5	25.5
23.25	26.25
23	25.25
22.75	24.75
22.75	25
23	25
22.5	25.25

Kompresor 40% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
21.75	25.25
22	25.25
21.5	25.25
22	25.25
22	25.25
21.75	25.25
21.75	25.25
21.75	25
21.75	24.5
22	25

Kompresor 60% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
25	30.75
25.5	31.25
25.5	31.25
25.5	31.75
25.5	31.25
25.5	31.25
25.5	30.75
25	31
25	30.25
24.75	31

Kompresor 60% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
25.5	30.25
25.25	30.75
25.5	30.75
26	31
26.25	31
26	30.75
25.75	31.25
26.25	31.25
26.25	31
26.25	30.75

Kompresor 60% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
26	31
26.75	30.5
26.25	30.5
26.25	30.75
26.5	30.5
26.5	30.5
26.5	30.5
26	30.75
26.5	30.75
26.5	30.25

Kompresor 60% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
27.75	33.5
27.5	33.5
27.75	32.75
27.75	33
28.5	33
28.5	33
29	33.25
28.75	33.25
29.5	33
29.5	32.75

Kompresor 60% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
27.25	31.75
27.25	32
28	32
27.5	31.5
28.25	32.5
28.5	32.75
28.5	32.5
28.25	32.5
28.5	32.25
28	31.75

Kompresor 60% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
28.75	30.25
28.75	30.75
28.5	30.75
28.5	31
28.5	30.75
28.75	30.25
28.5	30.5
29	30.5
29	30.25
28.25	30.25

Kompresor 80% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
1	23.75
3	23.5
3	24
3	23
4.25	24.25
4	23.5
4.25	23.5
4.25	23.25
5.25	23
5.5	22.75

Kompresor 80% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
6	25.75
5.75	25.5
5.75	25.75
6.5	25.5
6.5	25.75
7	25.5
7.75	25.25
7.5	24.5
8	24.75
8.25	24.5

Kompresor 80% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
20.5	30.5
20.25	31
20.75	30.75
20.5	30.5
20.75	31.25
21	30.75
20.75	29.75
21	29.75
21	30.25
21.5	29.5

Kompresor 80% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
18	28.25
24.25	32.5
24.5	32.25
24.75	32.5
24.75	32.75
24.75	32.25
25.25	31.5
25.5	32.25
25.75	31.5
25.5	31.5

Kompresor 80% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
26.75	33.5
26.75	33.5
27	33.5
27.5	33.5
27.5	33.25
27.25	33.5
27.75	32.75
28	32.5
28	32.25
28.5	32

Kompresor 80% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
27	33.75
27.25	33.25
27.25	33.25
27.5	33.5
27.5	33.5
27.75	33.25
28	33.25
28.75	32.75
28.75	33.25
28.75	33.25



Kompresor 100% putaran fan 0%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
0	19.25
0	22
0	21.75
0	22.5
0	22.5
0.25	22
0.25	22
0.5	21.75
1	21.5
1.25	21.5

Kompresor 100% putaran fan 20%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
4.5	24.75
4.75	25.25
5.25	25
5.25	25
5.5	24
6.25	24.75
6.75	24.75
6.5	24.5
6.5	24.5
6.75	24.5

Kompresor 100% putaran fan 40%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
23.25	30.25
23	20.25
23.5	31
23.75	30.75
23	30.5
23	30
23.75	30
23.5	30
23.5	29.25
23.25	29.75

Kompresor 100% putaran fan 60%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
24	31
24.75	31.25
24.5	31
24.5	30.75
24.25	31.25
24.25	31
24.5	30.75
25	30.25
24.5	22.75
24.75	30.5

Kompresor 100% putaran fan 80%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
26.75	32.25
27	31.75
26.25	31.5
26.75	32
27.25	32
27	31.5
27.25	31.5
21.75	31.75
27	30.75
27.25	31.5

Kompresor 100% putaran fan 100%

SALURAN HISAP	SALURAN TEKAN
28.25	32.5
28.5	32.5
28.25	33
28.25	32.25
28.5	32.5
28.5	32.75
28.75	32
28.75	31.75
28.5	23.5
28.75	31.75

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan alat dan uji alat dari judul Tugas Akhir ini. Maka kesimpulan yang dapat diambil dari praktikum kali ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan uji alat atau kalibrasi alat ukur *Thermocouple* Tipe K pada saluran hisap didapatkan hasil  $U_{a1} = 0,35$   $U_{a2} = 0,83$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 0,9$   $U_{expand} = \pm 1,58$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Sensor tersebut memiliki karakteristik statik diantaranya resolusi sebesar 0.25, sensitivitas 1,088 °C dan akurasi sebesar 99,13%.
2. Berdasarkan uji alat atau kalibrasi alat ukur *Thermocouple* Tipe K pada saluran tekan didapatkan hasil  $U_{a1} = 0,69$   $U_{a2} = 1,27$ ,  $U_{b1} = 0,0028$ ,  $U_{b2} = 0,0045$   $U_c = 1,31$   $U_{expand} = \pm 2,37$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Sensor tersebut memiliki karakteristik statik diantaranya resolusi sebesar 0.25, sensitivitas 1,05 °C dan akurasi sebesar 86%.
3. Bahwa besarnya suhu yang ada di dalam saluran tekan dan saluran hisap berpengaruh dari besarnya *Frequensi* putaran motor fan dan *Frequensi* putaran kompresor.
4. Besarnya perubahan suhu yang di karenakan adanya putaran fan berbanding terbalik dengan besarnya perubahan suhu yang di karenakan adanya putaran kompresor.

#### **5.1 SARAN**

Adapun saran yang dapat diberikan terkait dengan adanya penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya pemasangan *Thermocouple* harus benar-benar diperhatikan agar tidak terjadinya kebocoran karena nantinya juga akan berpengaruh pada besarnya suhu yang ada di dalamnya

2. *Thermocouple* sebaiknya jangan dipanaskan pada suhu yang tinggi karena dikhawatikan akan merusak komponen elektrik yang ada di dalamnya.
3. Pemasangan *Thermocouple* pada *Minsys* harus benar karena akan mempengaruhi besarnya nilai pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu Prasetyo, Dirga, “**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR *STEAM OUTPUT BOILER* BERBAHAN BAKAR GAS LPG PADA *POWER PLANT* DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**”, Teknik Fisika-FTI-ITS, Surabaya, .
- [2] Winoto, Ardi, “*Mikrokontroler AVR AT Mega 8/32/16/8535 dan Pemrograman dengan Bahasa C pada WinAVR*”, Bandung : Informatika
- [3] Anonim, 2010.”Analisis Kerusakan AC.[online]. <http://m-edukasi.kemdikbud.go.id/online/2008/sistemac/prinsip.htm>  
1
- [4] Wardhana, Lingga. 2006 “**Belajar Sendiri Arduino**”. Yogyakarta
- [5] [www.indo-ware.com](http://www.indo-ware.com) “produk – 2857 - max6675 – ktype - thermocouple - temperature-sensor”. Semarang ( diakses pada tanggal 12 mei 2015)

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Ike Nurjannah, biasa dipanggil Ike, dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 13 Desember 1995 dari ayah bernama Kambali dan ibu bernama Widia Yuniarti. Penulis merupakan anak sulung dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di jalan Klakahrejo Morse No.26 RT.004 RW.009 Kecamatan Benowo Kota Surabaya. Pada tahun 2001 penulis menyelesaikan pendidikan di TK

Dharma Jaya. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN Klakahrejo I/578. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat menengah di SMPN 26 Surabaya. Tahun 2013 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 12 Surabaya serta pada tahun 2016 ini penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TEMPERATURE PADA PLANT AC REFRIGERANT BERBASIS ARDUINO MEGA”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email: [nurjannahike@gmail.com](mailto:nurjannahike@gmail.com).