



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RUANG VAKUM TEMPERATUR TERKENDALI UNTUK
ALAT UJI SIFAT LISTRIK BAHAN VARIASI TEMPERATUR**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**HASNAN
0606109026**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RUANG VAKUM TEMPERATUR TERKENDALI UNTUK
ALAT UJIN SIFAT LISTRIK BAHAN VARIASI TEMPERATUR**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli
Madya (A.Md)

Pada Program Studi Diploma 3 Instrumentasi Elektronika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Indonesia

HASNAN

0606109026

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN FISIKA

PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI

DEPOK

JULI 2009

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Laporan tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : **Hasnan**

NPM : **0606109026**

Tanda Tangan :

Tanggal : **9 Juli 2009**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Hasnan

NPM : 0606109026

Program Studi : D3 Instrumentasi Industri

Judul Laporan Tugas Akhir : Rancang Bangun Ruang Vakum Temperatur Terkendali
Untuk Alat Uji Sifat Listrik Bahan Variasi temperatur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dosen Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada program Diploma 3 Instrumentasi Industri Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pemimbing : Drs. Arief Sudarmadji, MT ()

Penguji : Surya Darma M.Sc ()

Penguji : Supriyanto S.Si ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 9 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT beserta Nabi Muhammad SAW yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN RUANG VAKUM TEMPERATUR TERKENDALI UNTUK ALAT UJI SIFAT LISTRIK BAHAN VARIASI TEMPERATUR” bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma 3 Instrumentasi Industri, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir sampai penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga yang telah mendukung baik moril maupun materil.
3. Dr. Prawito, selaku Ketua Jurusan Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia
4. Drs. Arief Sudarmaji, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih atas bimbingan dan kerjasamanya selama proses penelitian sehingga penelitian berjalan baik dan menyenangkan.
5. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

6. Pak Katman, Pak Parno, Mas Teja yang selalu membantu dan memudahkan dalam peminjaman alat selama penelitian di Laboratorium Elektronika, Bengkel Mekanik, Komputer
7. Akbar Reza dan Fauzi Rakhman teman seperjuangan.
8. Novian dan Rahmi yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Seluruh Mahasiswa D3 Instrumentasi Khususnya Angkatan 2006.
10. Semua pihak yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini yang tidak saya sebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan dibalas oleh ALLAH SWT.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga penyusunan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasnan
NPM : 0606109026
Program Studi : D 3 Instrumentasi Industri
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN RUANG VAKUM TEMPERATUR TERKENDALI UNTUK
ALAT UJI SIFAT LISTRIK BAHAN VARIASI TEMPERATUR

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 9 Juli 2009

Yang menyatakan

(Hasnan)

ABSTRAK

Nama : Hasnan
Program Study : D3 Instrumentasi Industri
Judul : Rancang Bangun Ruang Vakum Temperatur Terkendali Untuk Alat Uji Sifat Listrik Bahan Variasi Temperatur

Telah dibuat ruang vakum dengan temperature terkendali untuk alat uji impedansi bahan menggunakan heater 500W, 220V dengan menggunakan sensor termokopel tipe K. Temperatur yang mampu dicapai sebesar $\pm 750^{\circ}\text{C}$, digunakan sebuah *receiver* (keypad) untuk mengendalikan dan menampilkan nilai dari temperatur dengan memasukkan nilai *set point* (SP), adapun pengendalian untuk temperatur yang dilakukan dengan menggunakan PID. Untuk pengaturan tekanan didalam agar vakum digunakanlah pompa vakum.

Kata kunci— Heater, Termokopel, Pompa Vakum, Pengendali

ABSTRACT

Name : Hasnan
Program Study : D3 Instrumentasi Industri
Title : Mechanics Design of Vacuum Chamber Temperature controlled for Electrical Properties of Material Temperature Variated Tester

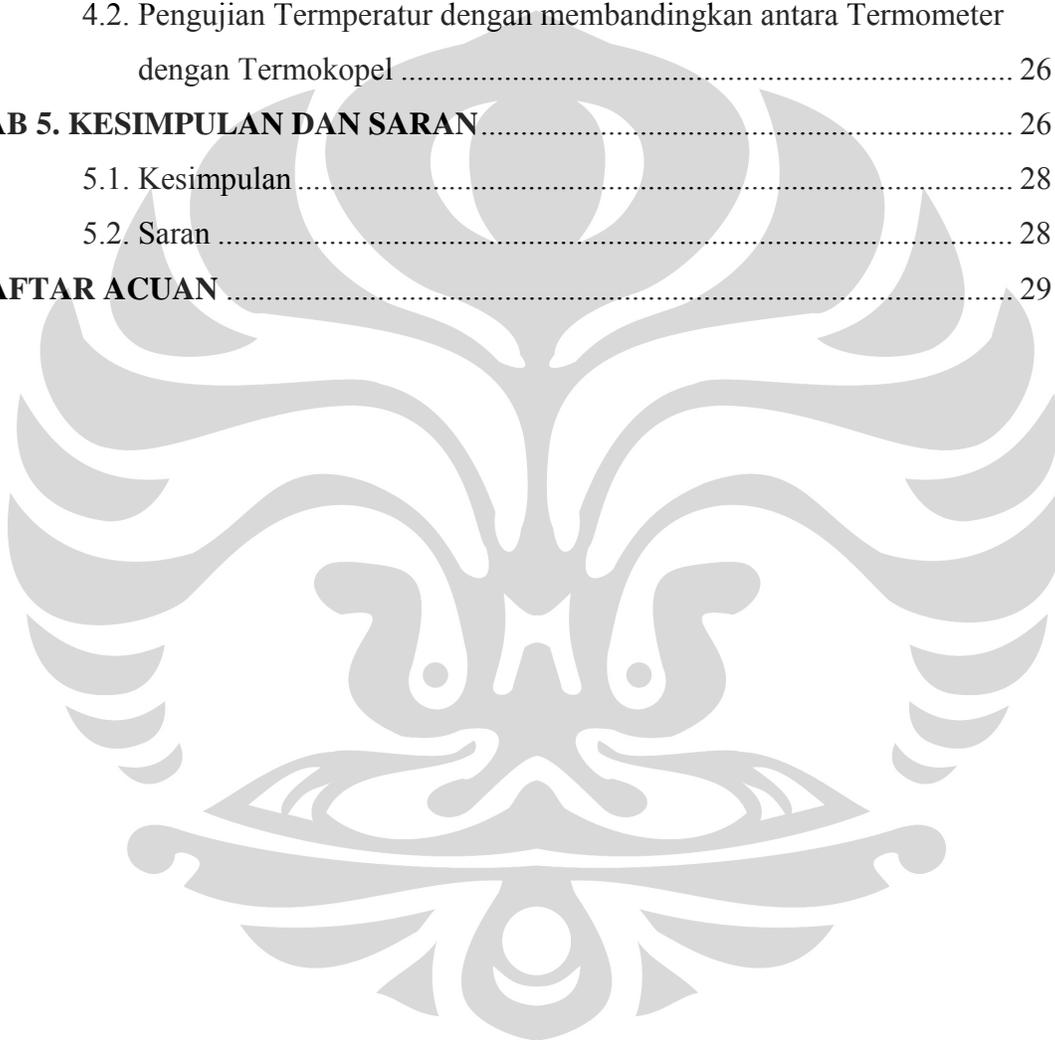
Was made vacuum chamber with control temperature for ingredient impedance tool, using heater 500W, 220V with thermocouple sensor type K. Temperature only can reach about $\pm 750^{\circ}\text{C}$. this heater use keypad for controlling and viewing temperature with by set point (SP). For pressure arrangement insides so that vacuum so used vacuum pump.

Key Words : Thermocouple, Heater, vacuum pump, controller

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	1
1.3. Deskripsi Singkat.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TEORI DASAR	6
2.1 Termokopel.....	6
2.2 Heater.....	10
2.3 Tekanan.....	11
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	13
3.1. Perancangan Kerja Alat	13
3.2. Perancangan Mekanik.....	13
3.2.1 Perancangan Ruang Vakum.....	13
3.2.2 Perancangan Heater	15
3.2.3 Perancangan Termokopel.....	16
3.2.4. Perancangan Probe.....	16
3.3. Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	18
3.3.1. Rangkaian <i>cold Junction</i>	18
3.3.2. Rangkaian Minimum System.....	19

3.3.2.1. Rangkaian Microcontroller	20
3.3.2.2. Struktur Memori AVR ATmega16	21
BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	25
4.1. Pengujian Temperatur dengan membandingkan nilai ADC dengan Termometer	25
4.2. Pengujian Temperatur dengan membandingkan antara Termometer dengan Termokopel	26
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1. Kesimpulan	28
5.2. Saran	28
DAFTAR ACUAN	29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Blok Diagram Sistem.....	2
Gambar 3.1. Gambar Ruang Vakum.....	14
Gambar 3.2. Perancangan Ruang Vakum.....	14
Gambar 3.3. Perancangan Hater	15
Gambar 3.4. Gambar Heater	16
Gambar 3.5. Gambar Thermocouple	16
Gambar 3.6. Gambar Probe	17
Gambar 3.7. Perancangan Mekanik Probe.....	17
Gambar 3.8. Rangkaian Cold Junction	19
Gambar 3.9. Rangkaian Microcontroller	20
Gambar 4.1. Gambar Icon LabVIEW	25
Gambar 4.2. Grafik Temperatur vs ADC.....	26
Gambar 4.3. Grafik Termometer vs Termokopel	27

DAFTAR TABEL

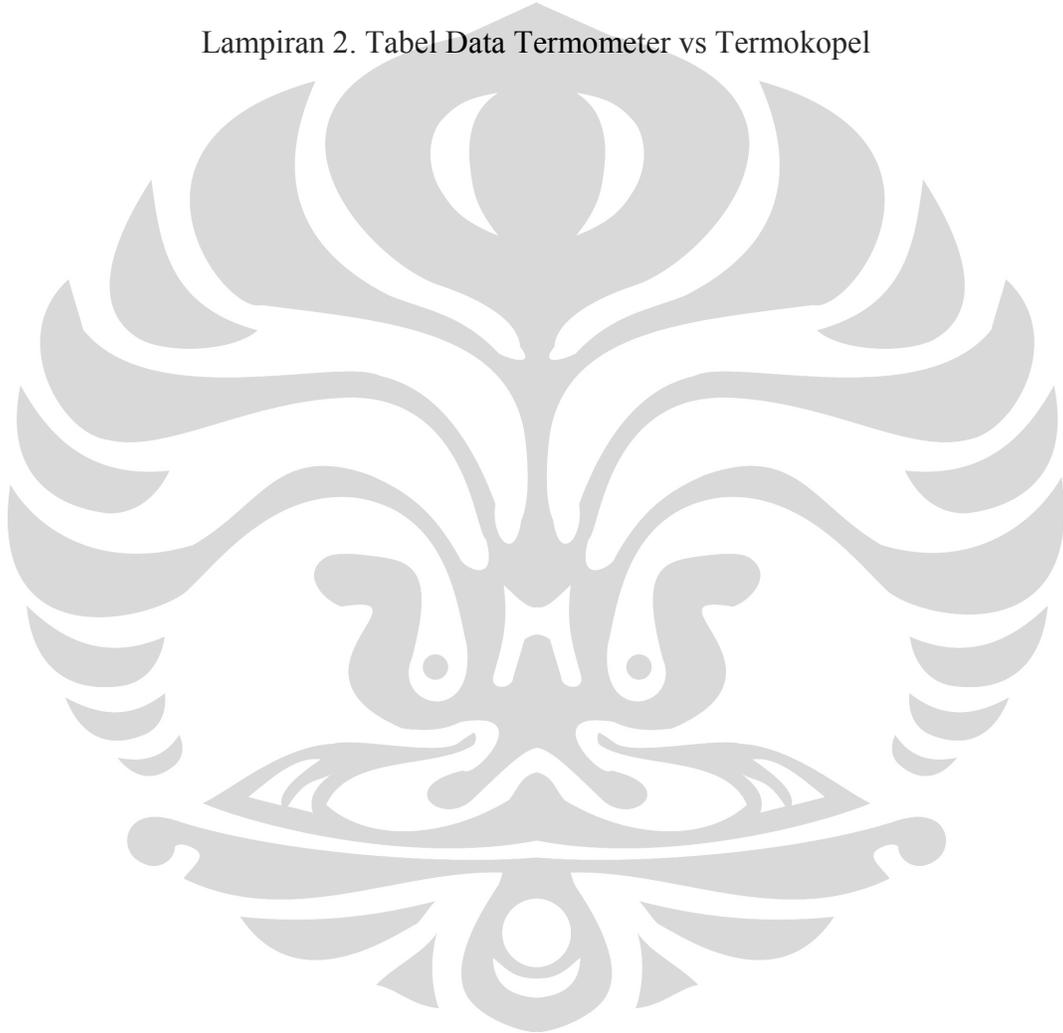
Tabel 2.1. Jenis-jenis heater.....	9
------------------------------------	---



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Suhu vs ADC

Lampiran 2. Tabel Data Termometer vs Termokopel



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang telah dibuat, batasan masalah dari alat yang telah dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar belakang

Dalam perkembangan teknologi ilmu bahan mengukur impedansi suatu bahan merupakan suatu hal yang sudah sangat dikenal, apalagi mengukur dengan menggunakan kendali temperatur. Tetapi pada kendali temperatur yang tinggi dapat mengakibatkan bahan yang diuji teroksidasi, sehingga diperlukan suatu ruang yang bebas udara, yaitu ruang vakum agar bahan yang diujikan tidak mengalami oksidasi.

Di Departemen Fisika UI sebenarnya sudah terdapat alat untuk mengukur impedansi suatu bahan yang disebut impedansi meter yang cara kerjanya atau pengoperasiannya dilakukan secara manual. Oleh karena itu, sebagai bentuk usaha dalam menjawab segala permasalahan ini penulis dapat merancang sebuah sistem yang dapat mengukur nilai impedansi suatu bahan yang pengoperasiannya dapat bekerja secara otomatis yang berguna untuk pengukuran impedansi suatu bahan di industri dan dapat mengatasi semua permasalahan yang terjadi didalam pengoperasiannya dengan memonitorinya setiap saat.

1.2 Tujuan

Tujuan dari proyek tugas akhir ini adalah agar dalam pengoperasian pengukuran impedansi suatu bahan dengan Impedance meter dilakukan dengan cara otomatis bukan

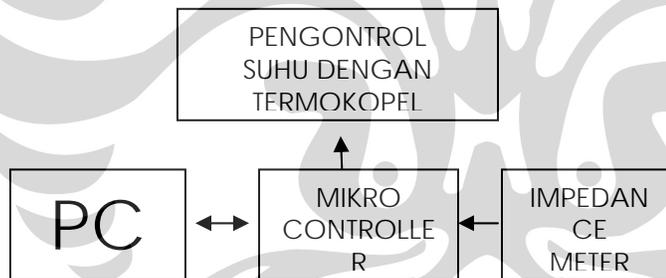
manual. Dengan selesainya proyek tugas akhir ini diharapkan dapat memfasilitasi peneliti material logam untuk dapat melakukan riset impedansi bahan terhadap bahan logam murni ataupun campuran.

1.3 Deskripsi singkat

Sistem pengukuran Impedansi bahan variabel temperatur yang dipergunakan adalah suatu sistem monitoring dimana setiap kegiatan yang berlangsung di dalam alat uji sifat listrik suatu bahan dapat termonitor dengan jelas pada PC (*Personal Computer*). Dalam sistem ini digunakan beberapa perangkat seperti :

- PC (*Personal Computer*)
- Rancang bangun : Berupa alat uji sifat listrik bahan
- Sensor : Sensor temperatur

Proses sistem pengukuran Impedansi bahan variabel temperatur dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini.



Gambar 1.1 Blok Diagram Pada Sistem

Semua data yang diminta oleh PC akan dikirimkan dari alat ukur, pada setiap perangkat dilengkapi dengan alamatnya sendiri maka jika PC mengirimkan sebuah kode ke semua perangkat alat ukur, perangkat tersebut akan mengoreksi apakah cocok dengan alamatnya jika cocok dengan alamat yang dimiliki suatu perangkat diatas maka perangkat tersebut akan langsung mengirimkan data ke PC. Pada sistem ini PC berfungsi sebagai pengolah data dari tiap-tiap perangkat sebuah alat ukur.

1.4 Batasan masalah

Dalam proposal tugas akhir ini penulis hanya akan membahas bagian otomatisasi sistem pengukuran Impedansi bahan variabel temperatur sistem yang terlihat pada blok diagram diatas yaitu pembuatan rangkaian dan program untuk pengiriman pengukuran dari alat ukur. Rangkaian pengiriman pengukuran dari alat ukur akan bekerja memonitori alat uji sifat listrik bahan dan akan mengirimkan data ke PC (*Personal Computer*).

1.5 Metode Penelitian

1. Study Literatur

Dalam hal ini Penulis menggunakan metode literatur untuk memperoleh informasi yang bermanfaat sebagai bahan acuan dalam proses perancangan sistem yang berkaitan dengan penelitian yang Penulis buat. Study literatur ini selain mengacu pada buku-buku pegangan, Penulis juga menggunakan referensi tentang data - data dari berbagai macam komponen mikrokontroller yang di pergunakan. Untuk menambahkan ide pada proyek tugas akhir ini penulis juga mencari data dari internet, juga pada makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang Penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian software akan dibahas program yang digunakan dalam sistem pengendalinya.

3. Uji Sistem

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari proyek yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari alat yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

4. Pengambilan Data

Pada bagian ini akan dilakukan pengambilan data dari sistem yang telah dibuat dengan catatan sistem tersebut telah bekerja dengan baik agar dapat diperoleh data yang sesuai dengan yang diharapkan.

5. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data yang dilakukan maka akan dibuat suatu analisa sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan dari sistem yang dibuat tersebut. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2 TEORI DASAR

Teori dasar berisi tentang teori yang mendasari hal-hal yang berkaitan dengan tugas akhir ini yang didapatkan berdasarkan hasil studi literatur.

BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

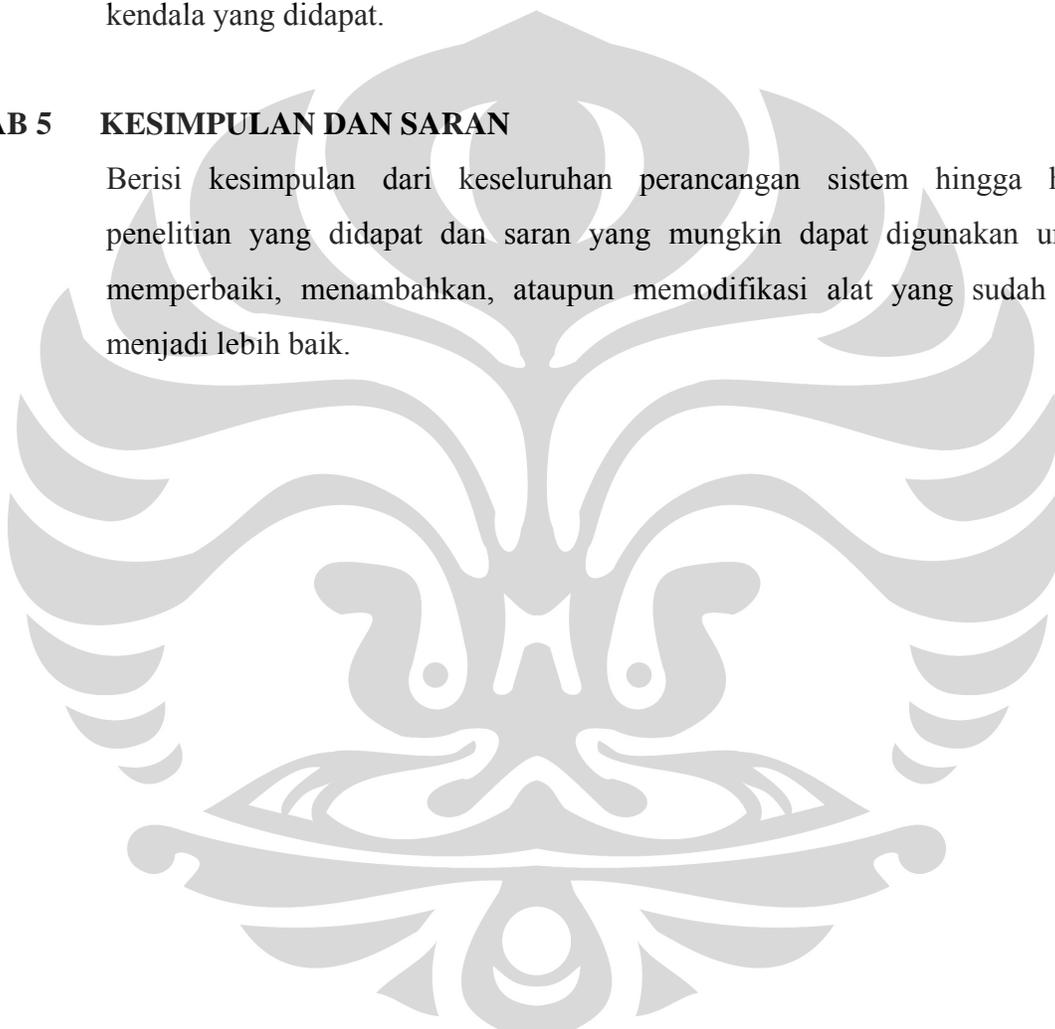
Pada bab ini akan dijelaskan keseluruhan sistem kerja dari mekanik sistem pengendalian temperatur ini.

BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan membahas tentang hasil dan analisa yang telah diperoleh dalam perancangan dan pengujian terhadap alat ini baik kesalahan maupun kendala yang didapat.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari keseluruhan perancangan sistem hingga hasil penelitian yang didapat dan saran yang mungkin dapat digunakan untuk memperbaiki, menambahkan, ataupun memodifikasi alat yang sudah ada menjadi lebih baik.



BAB 2

TEORI DASAR

Dalam melakukan penelitian banyak hal yang harus kita pelajari mengenai teori - teori yang berkaitan pada proyek yang akan dikerjakan. Penelitian ini diperlukan adanya teori-teori yang melandasi penelitian ini antara lain :

2.1. Termokopel.

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia bernama [*Thomas Johann Seebeck*](#) menemukan bahwa sebuah konduktor (semacam logam) yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik yang terdiri dari sepasang kawat logam konduktor berbeda jenis dihubungkan bersama-sama pada satu ujung sebagai pengukur dan berakhir pada ujung lain (titik referensi) yang dipertahankan pada suatu temperatur konstan yang diketahui temperatur referensinya. Bila antara ujung penginderaan dan titik referensi terdapat perbedaan temperatur maka akan dihasilkan suatu tegangan. Sangat penting diingat bahwa termokopel mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut.

Untuk mengukur perubahan panas ini gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada ujung benda panas yang diukur. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Menggunakan logam yang berbeda untuk melengkapi sirkuit akan menghasilkan tegangan yang berbeda, meninggalkan perbedaan kecil tegangan memungkinkan kita melakukan pengukuran, yang bertambah sesuai temperatur. Perbedaan ini umumnya berkisar antara 1 hingga 70 microvolt tiap derajat celsius untuk kisaran yang dihasilkan kombinasi logam modern. Beberapa kombinasi menjadi populer sebagai standar industri, dilihat dari biaya, ketersediaanya, kemudahan, titik lebur, kemampuan kimia, stabilitas, dan hasil. Sangat penting diingat bahwa *Thermocouple* mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut.

Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. Sensor suhu yang lain akan mengukur suhu pada titik ini, sehingga suhu pada ujung benda yang diperiksa dapat dihitung. *Thermocouple* dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat termopile, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih rendah.

Dengan begitu, tegangan pada setiap *Thermocouple* menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, secara sederhana *Thermocouple* tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol. Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Di sini, tegangan yang berasal dari hubungan dingin yang diketahui dapat disimulasikan, dan koreksi yang baik dapat diaplikasikan. Hal ini dikenal dengan kompensasi hubungan dingin. Biasanya *Thermocouple* dihubungkan dengan alat indikasi oleh kawat yang disebut kabel ekstensi atau kompensasi. Tujuannya sudah jelas. Kabel ekstensi menggunakan kawat-kawat dengan jumlah yang sama dengan konduktor yang dipakai pada *Thermocouple* itu sendiri. Kabel-kabel ini lebih murah daripada kabel *Thermocouple*, walaupun tidak terlalu murah, dan biasanya diproduksi pada bentuk yang tepat untuk pengangkutan jarak jauh – umumnya sebagai kawat tertutup fleksibel atau kabel multi inti. Kabel-kabel ini biasanya memiliki spesifikasi untuk rentang suhu yang lebih besar dari kabel *Thermocouple*. Kabel ini direkomendasikan untuk keakuratan tinggi. Kabel kompensasi pada sisi lain, kurang presisi, tetapi murah. Mereka memakai perbedaan kecil, biasanya campuran material konduktor yang murah yang memiliki koefisien termoelektrik yang sama dengan *Thermocouple* (bekerja pada rentang suhu terbatas), dengan hasil yang tidak seakurat kabel ekstensi.

Kombinasi ini menghasilkan output yang mirip dengan *Thermocouple*, tetapi operasi rentang suhu pada kabel kompensasi dibatasi untuk menjaga agar kesalahan yang diperoleh kecil. Kabel ekstensi atau kompensasi harus dipilih sesuai kebutuhan *Thermocouple*. Pemilihan ini menghasilkan tegangan yang proporsional terhadap beda suhu antara sambungan panas dan dingin, dan kutub harus dihubungkan dengan benar sehingga tegangan tambahan ditambahkan pada tegangan *Thermocouple*, menggantikan perbedaan suhu antara sambungan panas dan dingin.

Termokopel merupakan transduser aktif yang mengkonversi perbedaan antara dua buah temperatur menjadi sebuah sinyal tegangan yang proposional. Prinsip kerja dari termokopel berdasarkan pada efek seebeck yang pada intinya merupakan pembangkitan tegangan oleh sambungan dua buah logam berbeda dipanaskan. Dimana satu buah sambungan yang dikenal sebagai sambungan dingin atau cold junction dijaga pada temperatur 0° , meskipun dalam beberapa aplikasi temperatur ruangan dirasakan telah memncukupi. Sementara sambungan yang lain digunakan sebagai sensor temperature. (George Clayton, 2004)

Untuk menunjukkan kisaran pengukuran temperatur dan karakteristik-karakteristik yang lain, sebuah termokopel biasanya diklasifikasikan sebagai tipe J, K, N, R, S, B, E, atau T.

Berdasarkan penggunaannya tersedia beberapa jenis termokopel, yaitu :

- a. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / alumel (Ni-Al alloy)) termokopel ini digunakan untuk temperatur tinggi kira-kira -200°C hingga $+1200^{\circ}\text{C}$, dan harganya pun lebih murah dibanding tipe yang lain.
- b. Tipe E ((Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)), jenis ini memiliki output yang besar ($68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), digunakan untuk temperatur rendah.
- c. Tipe J (iron / Constantan) rentangnya terbatas (-40 hingga $+750^{\circ}\text{C}$), jenis ini memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- d. Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)) stabil dan tahan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200°C . Sensitivitasnya sekitar $39\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, sedikit di bawah tipe K.

- e. Tipe B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh) cocok untuk mengukur suhu diatas 1800°C .
- f. Tipe R (Platinum/Platinum with 7% Rhodium) cocok untuk mengukur suhu di atas 1600°C , sensitivitasnya rendah ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), termokopel jenis ini jarang sekali dipakai karena harganya yang terlalu mahal.
- g. Tipe S (Platinum/Platinum with 10% Rhodium) cocok untuk mengukur suhu dia atas 1600°C , sensitivitasnya rendah ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), jenis termokopel ini pun harganya mahal.
- h. Tipe T (Copper/Constantan) cocok untuk pengukuran antara -200 to 350°C , jenis ini memiliki sensitivitas $\sim 43\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- i.

Dalam pembuatan alat ini menggunakan termokopel tipe K, dimana termokopel tipe K ini memiliki karakteristik tersendiri yaitu :

- a. Terbuat dari bahan Chromel (Ni-Cr) dan Alumel (Ni-Al)
- b. Aktif pada suhu $-200^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$
- c. Bersifat lebih linear

Dulu kita menggunakan hardware dan software untuk menganalisa titik pasti referensinya. Sekarang kita bisa melakukan hal tersebut dengan membaca digital voltmere dan mengkonversi tegangan ke temperatur. Sayangnya hubungan antara tegangan-temperatur dalam termokopel tidak linear. Output tegangan pada termokopel umumnya diplot sebagai fungsi dari temperatur (Gambar 2.4). Jika kemiringan dari kurva (koefisien Seebeck) diplot dengan temperatur, sebagaimana pada Gambar 6, akan terlihat jelas bahwa termokopel memang alat yg tidak linear. Garis horizontal pada Gambar 6 mengindikasikan konstanta. Kemiringan nilai K termokopel mendekati konstan pada temperature dengan rentang 0°C hingga 1000°C .

Secara konsekuen, tipe K dapat digunakan dengan *multiplied* voltmeter dan *external ice point reference* untuk mendapatkan pembacaan langsung temperature yang lebih akurat. Oleh karenanya, display temperatur melibatkan hanya faktor skala. Prosedurnya bekerja melalui voltmeter. Dengan menguji variasi koefisien Seebeck, kita

dapat dengan mudah melihat bahwa penggunaan satu skala faktor konstan dapat membatasi rentang temperatur sistem dan membentuk akurasi sistem.

2.2. Heater

Heater adalah suatu alat yang dapat mentransfer energy panas ke benda disekitarnya yang suhunya lebih rendah. Panjang gelombang dari radiasi infra red dengan range dari 78 nm sampai 1mm. Sebuah klarifikasi dari heater adalah terhubungnya daerah panjang gelombang dari emisi energi utama. Gelombang pendek untuk range dari 78 nm sampai 1400 nm, medium untuk range antara 1400 nm sampai 8000 nm sedangkan untuk range terjauh adalah diatas 3000 nm.

Element dari heater jenis ini kebanyakan memakai konstruksi dari sebuah emisi api atau filament elektrik panas sebaai pemancarnya. Jika sebuah operasi elektrik infra red heater digunakan, filament biasanya akan melindungi dari sebuah resistansi panas. Material yang banyak digunakan pada heater jenis ini adala kawat yang berpelindung, alternatif temperatur rendah dari kawat adalah karbon, campuran dari besi, khromium, aluminium. Industri infrared heater terkadang menggunakan sebuah pelapis emas dalam pipa kwarsa. Emas digunakan karena hambatan oksidasinya sangat tinggi mencapai 95%.

Pada alat ini heater yang digunakan berbahan keramik dan berbentuk persegi panjang. Berikut tabel jenis-jenis heater:

Tabel 2.1 . Jenis-jenis heater(Schuller, Mc.Name, 1986)

Jenis Heater	Sifat Benda yang Dipanaskan	Memanaskan / Membuat
Tubular Straight, Multiform	Padat	Direkatkan pada dies, moulds, heat sealing tools, dll.
Tubular Straight, Multiform	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Tubular	Permukaan benda Padat	Drying, baking, kain, plastic, makanan, ruangan, metal, resin,dll.
Immersion Heater	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Finned Heater	Gas	Menghangatkan oven, ruangan, mengeringkan, duct udara, dll.
In - Line	Cair, Gas	Air, menaikkan temperature ketel, memanaskan minyak sebelum dike;uarkan ke mesin burner, dll.

2.3. Tekanan

Tekanan merupakan salah satu *property* yang terpenting dalam thermodinamika, dan didefinisikan sebagai gaya tekan suatu fluida (cair atau gas) pada satu satuan unit

luas area. Istilah tekanan pada benda padat disebut tegangan (*stress*). Satuan tekanan adalah Pa (Pascal), yang didefinisikan sebagai,

$$1Pa = 1N/m^2 \quad (2.1)$$

Karena satuan Pascal terlalu kecil, maka dalam analisis termodinamika sering digunakan satuan kilopascal (1 kPa = 10³ Pa), atau megapascal (1 MPa = 10⁶ Pa). Satuan tekanan yang cukup dikenal adalah satuan bar (*barometric*), atau atm (*standard atmosphere*), sebagai berikut.

$$1bar = 10^5 Pa = 0,1 Mpa = 100 kPa \quad (2.2)$$

$$1atm = 101.325 Pa = 101,325 kPa = 1,01325 bar \quad (2.3)$$

Pengukuran tekanan dengan menggunakan referensi tekanan nol absolut disebut tekanan absolut (ata), sedang tekanan manometer (ato) adalah tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer. Tekanan vakum adalah tekanan dibawah 1 atm, yaitu perbedaan antara tekanan atmosfer dengan tekanan absolut.

Alat pengukur tekanan diatas atmosfer adalah manometer, alat pengukur tekanan vakum disebut manometer vakum, sedang alat pengukur tekanan atmosfer disebut barometer. Terdapat banyak jenis metode pengukuran tekanan seperti pipa U, manometer pegas, atau transduser elektronik.

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem mekanik baik dari segi mekanik maupun hardware beserta cara kerja dari masing-masing mekanik dan hardware yang digunakan penulis dalam penyusunan alat ini.

3.1. Perancangan Kerja Alat.

Proyek tugas akhir ini adalah rancang bangun ruang vacuum temperatur pada alat uji impedansi bahan. Dimana sebelum memanaskan heater tersebut ruangan divacumkan oleh pompa vakum dimana dengan tekanan yang semakin rendah maka titik didih suatu bahan akan berkurang dimana prinsip dasar dari alat ini. Dimana untuk mengurangi panas yang ditimbulkan heater agar tidak keluar maka digunakan semen tahan api disekeliling heater. Untuk mengendalikan panas tersebut digunakan sebuah sensor yaitu *thermocouple* yang digunakan untuk membaca suhu didalam ruang vakum dan untuk mengendalikan heater digunakan rangkaian mikrokontroller.

3.2 Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik akan dijelaskan mengenai perancangan dari dari perancangan ruang vacuum, perancangan heater, dan perancangan termokopel.

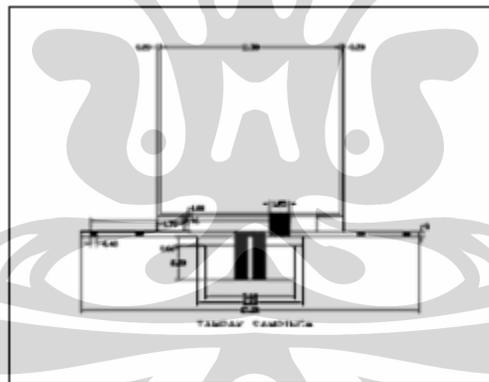
3.2.1. Perancangan Ruang Vakum

Untuk perancangan ruang vakum, bahan yang digunakan adalah *stainless steel*. Digunakan *stainless steel* karena bahan tahan panas sampai dengan suhu 1000°C. Selain itu terdapat juga semen tahan api untuk menahan panas.

Pada bagian terluar adalah bagian penutup yang akan di vakumkan. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* dengan ketebalan 3mm. Digunakan ketebalan 3mm adalah agar saat divakum kotak tidak akan rusak dan melengkung kedalam karena tekanan yang terjadi di dalam sebesar 0 atm.



Gambar 3.1. Ruang Vakum



Gambar 3.2. Rancangan Ruang Vakum

Untuk bagian dalam terdapat kotak *stainless steel* untuk tempat heater, thermocouple dan pengujian bahan. Kotak yang digunakan lebih tipis yaitu setebal 1,2 mm. Agar panas tidak keluar ke ruang vakum maka digunakan semen tahan api sebagai penutup dan disemen tahan api terdapat probe untuk menjepit bahan yang akan diuji.

Untuk ukuran tabung vakum adalah:

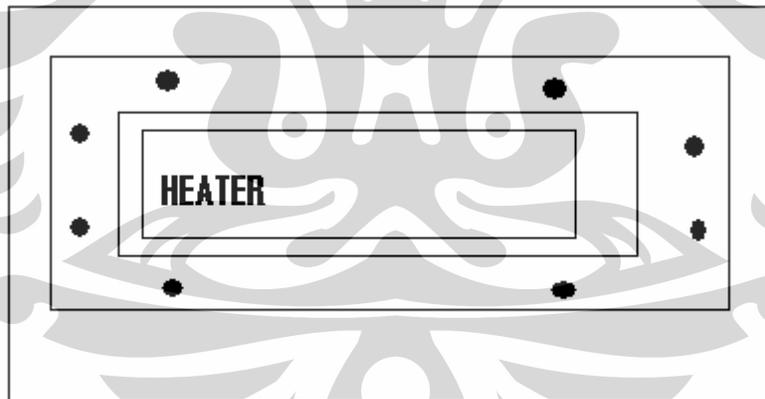
Panjang : 20 cm
Tinggi : 25 cm
Lebar : 15 cm

Ukuran tabung dalam adalah:

Panjang : 13 cm
Tinggi : 15 cm
Lebar : 7 cm

3.2.2. Perancangan Heater

Heater yang digunakan terbuat dari keramik agar panas menyebar merata keseluruhan ruangan. Heater tersebut berbentuk persegi seperti piring. Panjang heater adalah 12 cm dan lebar 5 cm. Heater mempunyai daya 500 w dan dapat mencapai suhu maksimum 750°C.



Gambar 3.3 Perancangan Heater



Gambar 3.4. Gambar Heater

3.2.3. Perancangan Thermocouple

Sensor yang digunakan pada alat ini adalah termokopel tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)). Sensor ini dapat mengukur temperatur dari -200°C ~ 1200°C , bahannya terbuat dari stainless. Termokopel didisain seperti ini agar nantinya dapat ditanam dan ukuran panjang dari termokopel ini 5cm, nantinya agar termokopel dapat membaca suhu didalam ruangan.



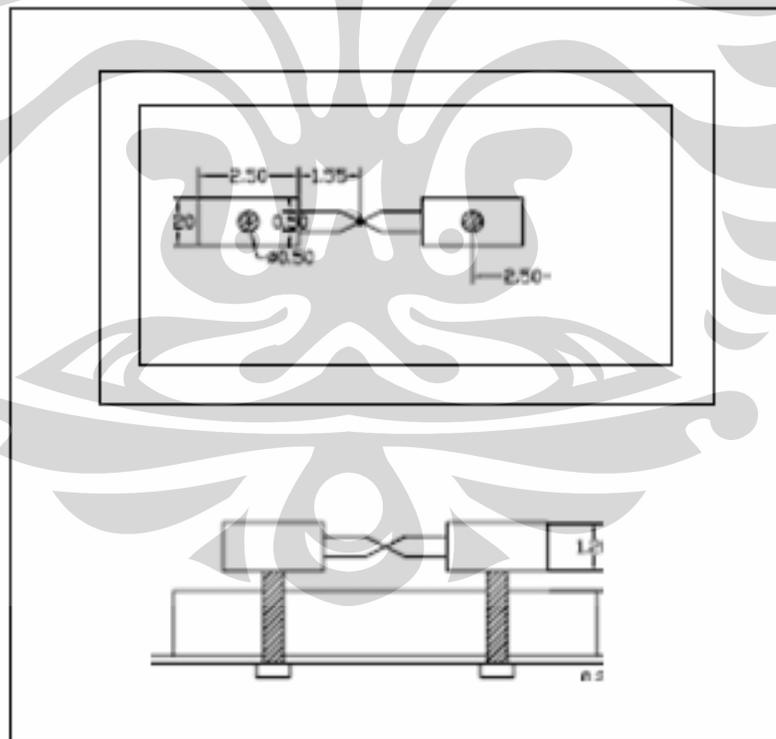
Gambar 3.5. Thermocouple

3.2.4. Perancangan Probe

Probe digunakan untuk menjepit bahan yang akan diuji. Bahan probe yang digunakan terbuat dari *stainless* juga, agar saat bahan dipanaskan probe tidak rusak. Probe ini juga akan mengirimkan data ke komputer.



Gambar 3.6. Gambar Probe



Gambar 3.5. Perancangan Mekanik Probe

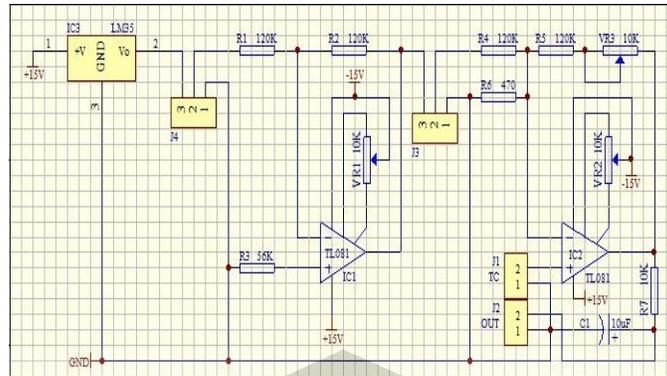
3.3 Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware akan dijelaskan mengenai perancangan dari rangkaian yang digunakan dalam proyek ini seperti cold junctions.

3.3.1. Rangkaian Cold Junction

Termokopel yang akan digunakan sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu. Maka digunakan rangkaian cold junction untuk mengkalibrasi. Pada rangkaian cold junction ini menggunakan rangkaian operasional amplifier atau yang lebih dikenal dengan nama op-amp. Op amp disini digunakan sebagai rangkaian inverting dan summing amplifier.

Untuk rangkaian inverting dengan masukkan dari keluaran lm35 dengan penguatan sebesar satu, penguatan tersebut didapat dari pembagian antara nilai R2 atau $R_{feedback}$ dibagi dengan R1 lalu keluaran dari rangkaian inverting tersebut menjadi masukkan kedalam rangkaian summing amplifier. Rangkaian summing amplifier ini dapat diatur penguatannya dengan mengatur variabel resistor (VR1). Sedangkan VR2 digunakan untuk mengatur offsetnol dari opamp. Dimana untuk penguatan pada rangkaian TL081 adalah untuk penguatan minimum adalah satu penguatan tersebut berasal dari R5 dibagi R4, sedangkan penguatan maksimum yang dihasilkan adalah nilai R5 dijumlahkan dengan nilai VR1 lalu dibagi dengan R4. Rangkaian cold junction ini menggunakan *operational amplifier* biasa disingkat op-amp. Dalam penggunaannya op-amp ini difungsikan sebagai komperator. Termokopel yang terhubung dengan kaki *inverting amplifier* bertindak sebagai tegangan referensi masukan yang berubah terhadap panas yang dideteksi. Besarnya penguatan dari tegangan termokopel disesuaikan oleh variabel resistor. IC LM 35 digunakan sebagai sensor temperatur yang telah dikalibrasi langsung dalam $^{\circ}\text{C}$. Tegangan keluaran (V_{out}) akan mengalami perubahan 10 Mv setiap perubahan temperatur 1°C . Sebelum dikonversikan oleh ADC, keluaran dari IC LM 35 ini dikuatkan terlebih dahulu menggunakan IC penguat operasional yang dikuatkan sebagai penguat *inverting amplifier*. Penggunaan IC LM 35 pada op-amp adalah sebagai masukan yang akan dibandingkan.



Gambar 3.6 Rangkaian Cold junction

Cara pengkalibrasian rangkaian ini adalah pertama dengan cara menghubungkan singkatkan J3 dengan menggunakan jumper harddisk antara kaki 2 dan 1, dan J1 dihubungkan singkat dengan kabel agar output tidak beresilasi yang nantinya digunakan untuk thermokopel, lalu mengatur offset nul pada VR2, hingga keluaran pada ic TL081 adalah nol dapat dilihat dengan menggunakan multimeter pada kaki TL081 tepatnya kaki 6 sebagai keluaran dari TL081 atau pada J2. Setelah itu pasang thermokopel pada J1 dengan menggunakan termometer bandingkan suhu dengan termokopel dan atur penguatan pada VR1 sampai dengan kita inginkan sebagai contoh jika termokopel dicelupkan kedalam air mendidih sekitar 100°C maka keluaran pada J2 adalah harus 710 mV dikarenakan 100°C dikurangi dengan suhu ruang yaitu sekitar 29°C dan dikalikan dengan 10 mV/°C didapat dari keluaran lm35. Setelah itu matikan rangkaian lalu hubungkan J3 antara kaki 3 dan 2, lalu hidupkan kembali rangkaian maka lihat tegangan keluarannya dengan menggunakan multimeter kembali harus 1 Volt dikarenakan dijumlahkan dengan tegangan keluaran LM35, jika tidak sesuai maka atur penguatannya VR1. Pada rangkaian ini digunakan power supply ±15 volt sebagai input untuk rangkain cold junction.

3.3.2 Minimum System

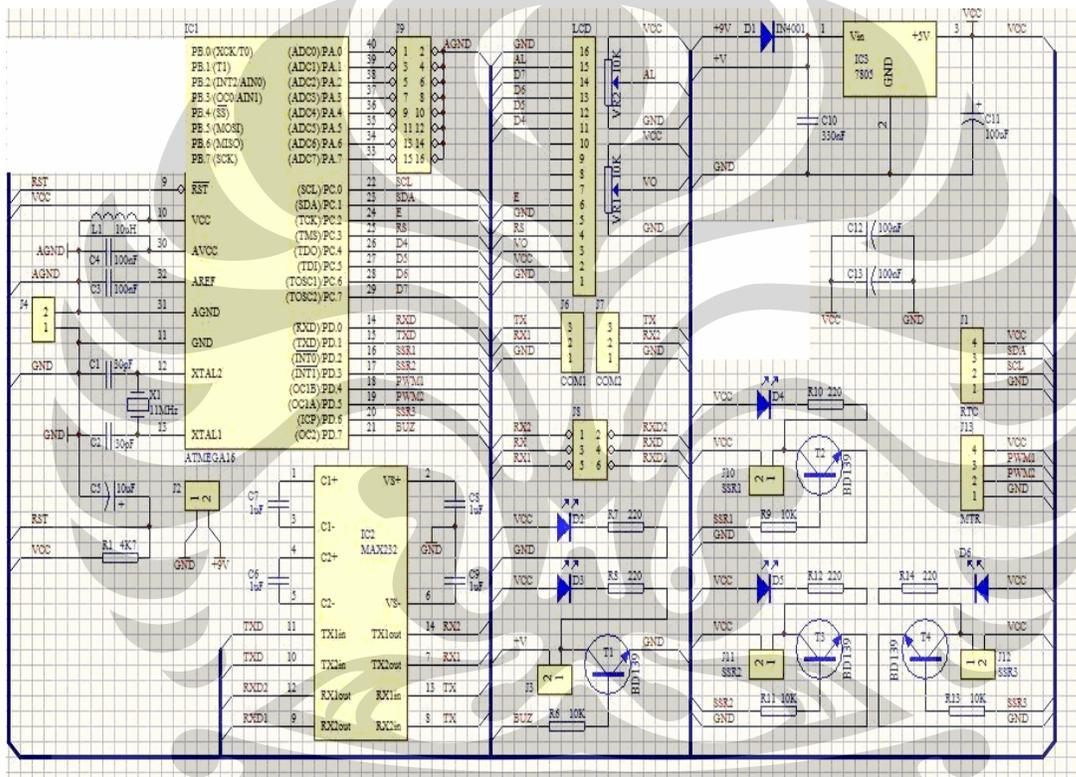
Rangkaian minimum System atau sering disebut minsys merupakan komponen hardware yang sangat berguna untuk memamsukan perintah ke dalam sistem kerja dari perangkat mekanik.

Rangkain minsys juga merupakan rangkaian utama yang digunakan sebagai induk hardware yang memiliki peran besar dalam proses pengendalian. Ranangkain minsys

menggunakan tipe – tipe IC yang berbeda, pada proyek tugas akhir ini penulis menggunakan tipe IC ATmega16.

3.3.2.1. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR Atmega16 yang digunakan adalah sebuah rangkaian minimum sistem yang telah digabungkan dengan rangkaian keypad. Dapat dilihat digambar dibawah



Gambar 3.7. Rangkaian Microcontroller

Port A digunakan untuk input analog ke A/D konverter. Port A yang digunakan sebagai ADC adalah PA.0 sampai dengan PA.3. Sedangkan Port A.4 sampai dengan Port A.7 pada rangkaian minsys ini digunakan sebagai I/O dari rangkaian display LCD.

Port C digunakan untuk membaca data keypad, yang berasal dari ic 74HC540 yaitu ic inverter dari bilangan heksa ke desimal, yang dihubungkan dengan ic 74LS147 yaitu untuk membaca keypad seperti angka 1 sampai 9 ,menentukan setpoint, manual mode, auto mode, dan mode yang sedang digunakan. Port B.1 digunakan untuk

menyalakan buzzer sebagai indicator ketika keypad ditekan, Port B.2 dan B.3 untuk tampilan lcd. Port B4, B5, B6, B7 digunakan untuk mendownload program dan menampilkannya ke lcd display.

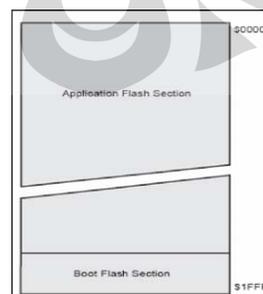
Pada Port D juga difungsikan sebagai I/O. Ada beberapa fungsi yang digunakan pada port ini diantaranya adalah masukan yang berasal dari sensor, inputan melalui push button. Pada Port D ada nilai masukan eksternal berupa sensor yang difungsikan sebagai interrupt. Dalam hal ini digunakan satu buah sensor yang dihubungkan ke dalam duah buah port INT yaitu Port D.2 sebagai INT0 dan Port D.3 sebagai INT1. Pengiriman data yang digunakan berupa pengiriman melalui serial yang dilakukan oleh rangkaian serial MAX232.

3.3.2.2. Struktur Memori AVR ATmega16

Untuk memaksimalkan performa dan paralelisme, AVR menggunakan arsitektur Harvard (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data). Instruksi pada memori program dieksekusi dengan pipelining single level. Selagi sebuah instruksi sedang dikerjakan, instruksi berikutnya diambil dari memori program.

1. Flash Memori

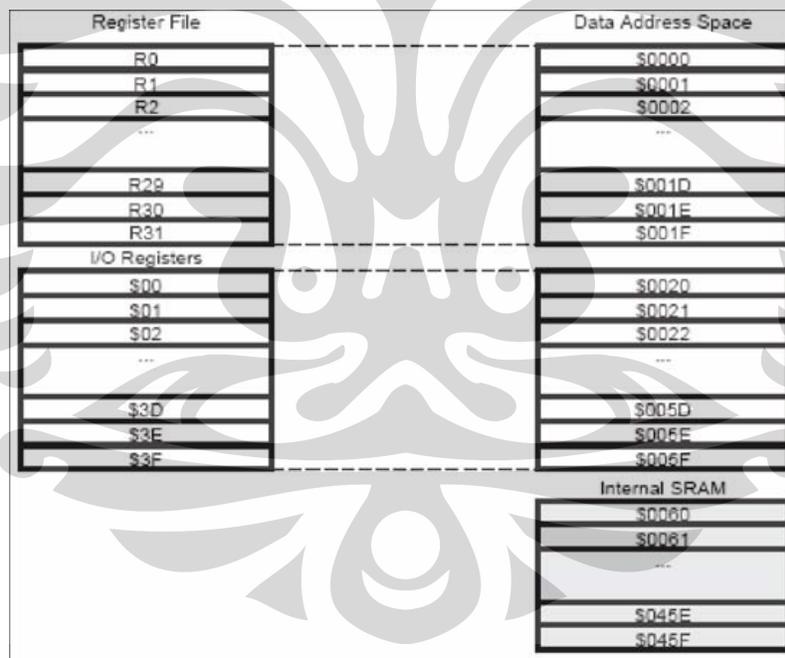
ATmega16 memiliki 16K byte flash memori dengan lebar 16 atau 32 bit. Kapasitas memori itu sendiri terbagi menjadi dua bagian yaitu *bagian boot program dan bagian aplikasi program*. Flash memori memiliki kemampuan mencapai 10.000 *write dan erase*.



Gambar 3.8 Peta Memori Flash⁷

2. Memori SRAM

Penempatan memori data yang lebih rendah dari 1120 menunjukkan register, I/O memori, dan data internal SRAM. 96 alamat memori pertama untuk file register dan memori I/O, dan 1024 alamat memori berikutnya untuk data internal SRAM. Lima mode pengalamatan yang berbeda pada data memori yaitu direct, indirect, indirect displacement, indirect pre-decrement dan indirect post-increment. Pada file register, mode indirect mulai dari register R26-R31. Pengalamatan mode direct mencapai keseluruhan kapasitas data. Pengalamatan mode indirect displacement mencapai 63 alamat memori dari register X atau Y. Ketika menggunakan mode pengalamatan indirect dengan pre-decrement dan post increment register X, Y, dan Z akan di-decrement-kan atau di-increment-kan. Pada ATmega16 memiliki 32 register, 64 register I/O dan 1024 data internal SRAM yang dapat mengakses semua mode-mode pengalamatan.



Gambar 3.9. Peta Memori SRAM⁷

3. Memori EEPROM

Pada EEPROM ATmega16 memiliki memori sebesar 512 byte dengan daya tahan 100.000 siklus write/read.

Register-register pada memori EEPROM :

- a. **Bit 15...9** – Res: reserved bits Bit ini sebagai bit-bit bank pada ATmega16 dan akan selalu membaca

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

Gambar 3.10 Register alamat EEPROM Bit 15...8⁷

- b. **Bit 8..0** – EEAR8..0:EEPROM address
Bit-bit ini sebagai alamat EEPROM.
- c. **Bit 7..0** – EEDR7..0:EEPROM
data Bit-bit ini sebagai data EEPROM.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 3.11 Register data EEPROM Bit Bit 7...0⁶⁷

- d. **Bit 7..4** – Res:reserved bits
Bit-bit ini terdapat pada register kontrol.
Bit ini sebagai *Enable Interupt Ready* pada EEPROM.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	EERIE	EENWE	EWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

Gambar 3.12 Register kontrol EEPROM Bit Bit 7...0⁷

- e. **Bit 2**
Bit ini sebagai *Enable Interupt Master* pada EEPROM.

f. **Bit 1**

Bit ini sebagai *write enable* pada EEPROM.

g. **Bit 0**

Bit ini sebagai *read enable* pada EEPROM.



BAB 4

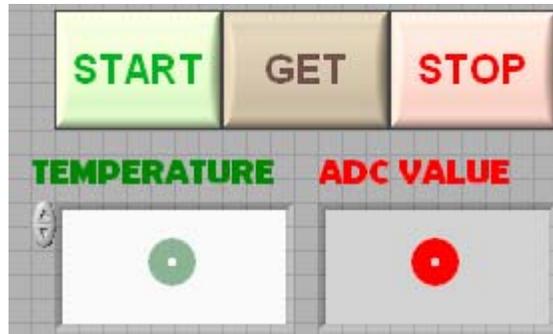
HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

- a. Pengukuran Dengan Membandingkan Nilai ADC Dengan Termometer
- b. Pengujian Temperatur dengan membandingkan antara Termometer dan Termokopel

4.1. Pengukuran Dengan Membandingkan Nilai ADC Dengan Termometer.

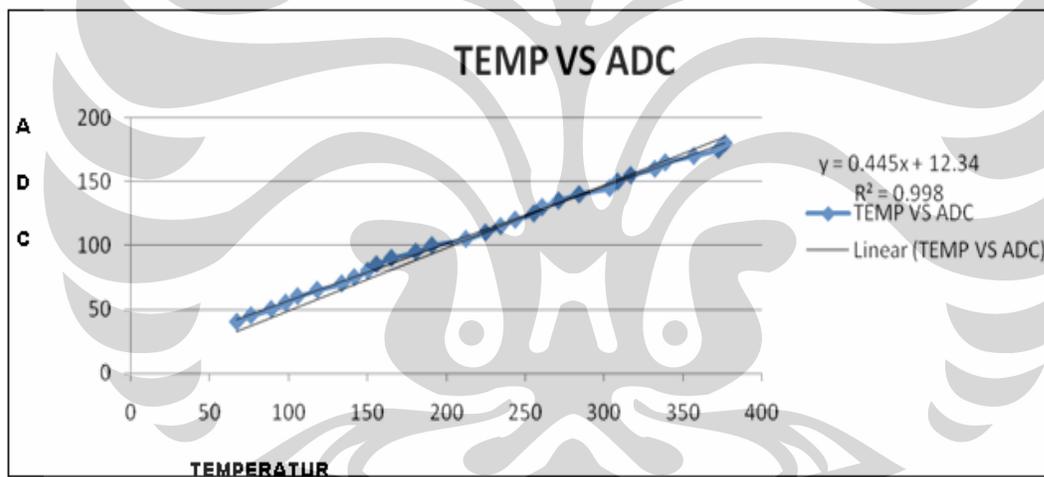
Untuk pengambilan data metode ini kita akan membandingkan suhu dari termometer dan data ADC yang didapat dari program *LabVIEW* yang langsung tersimpan di Microsoft Excel. Cara pengambilan data disini adalah termometer ditaruh didalam tempat yang berisi minyak yang akan dipanaskan. Setelah dipanaskan saat suhu di termometer terbaca 180°C maka pemanas dimatikan, lalu dari *LabVIEW* kita menekan icon *GET* beberapa kali untuk mengambil data ADC sekaligus sampai suhu turun dari 180°C . Hal ini dilakukan terus setiap penurunan suhu sebesar 5°C . Bila menggunakan *LabVIEW* kita cukup melakukannya satu kali saja tetapi kita mendapatkan data beberapa kali sehingga tidak perlu dilakukan berulang-ulang. Berikut gambar icon di *LabVIEW* pada program *converter ADC*:



Gambar 4.1. Gambar Icon LabVIEW

Setelah selesai maka untuk menyimpan data ADC yang sudah didapat kita diharuskan menekan icon GET dan STOP berkali-kali sampai muncul perintah untuk menyimpan data di Microsoft Excel.

Berikut adalah grafik yang didapat dari percobaan diatas:

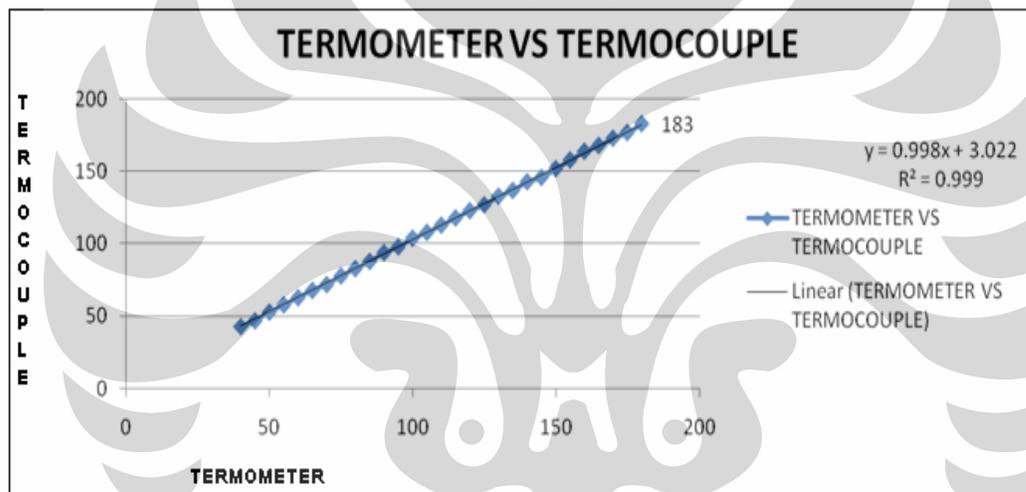


Gambar 4.2. Grafik Temperatur vs ADC

Dapat dilihat pada grafik bahwa nilai ADC terletak pada sumbu x dan temperatur terletak pada sumbu y. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa data yang di dapatkan linear dan memiliki persamaan garis $y = 0.445x + 12.34$. Dari persamaan garis y yang didapat maka kita bisa melihat nilai temperatur sebenarnya. Dari persamaan garis didapatkan $R^2 = 0.998$ itu artina dapat dikatakan termokopel yang digunakan untuk pengukuran suhu dapat dikatakan bekerja dengan baik. Persamaan garis tersebut akan dimasukkan kedalam program bascom untuk mengetahui besarnya suhu atau temperature didalam ruangan heater.

4.2. Pengukuran Temperatur Dengan Membandingkan Antara Termometer Dengan Termokopel

Fungsi dari pengambilan data ini adalah untuk menentukan besarnya toleransi dari pembacaan suhu oleh termokopel. Metode yang digunakan Pada pengambilan data ini adalah dengan cara mencatat keluaran dari LCD dan membandingkannya dengan termometer . Hal ini bertujuan untuk membuktikan bahwa data yang dimasukkan untuk mendapatkan persamaan PID adalah benar. Data yang yang didapat dari pengambilan dengan metode ini adalah sebagai berikut



Gambar 4.3. Grafik Termometer vs Termokopel

Grafik yang didapat linier arena data dari termokopel mengikuti penurunan suhu yang terbaca dari termometer. Data dari termokopel dengan data yang terbaca di termometer error yang terjadi sebesar 3°C. Bila nanti saat pengambilan data dalam mengatur temperatur maka akan ada besaran toleransi sebesar 3°C. Hal ini akan memudahkan dalam pembacaan data dan penentuan besaran temperatur didalam ruangan tersebut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan perancangan peralatan serta pengambilan data, maka penulis dapat menarik kesimpulan bahwa :

- 1 Berdasarkan pengujian respon sensor, saat penurunan suhu didapatkan grafik yang cukup linier.
- 2 Semakin tinggi temperatur maka nilai ADC semakin tinggi, hal ini menunjukkan penaikan yang linier.
- 3 Persamaan ADC yang didapat adalah $Y = 0.445x + 12.34$ untuk mendapatkan keadaan suhu yang sesungguhnya.
- 4 $Y = 0.445x$ akan dimasukkan ke program untuk mendapatkan data suhu yang sesungguhnya.
- 5 $R^2 = 0.998$ menandakan respon dari sensor termokopel bekerja dengan baik.

5.2. SARAN

Sebaiknya dalam membuat ruang *vacuum* menggunakan indikator agar dapat mengetahui berapa tekanan didalam ruangan tersebut dengan menggunakan indikator pula dapat mengetahui jika ada kebocoran dari ruang vakum tersebut.

DAFTAR ACUAN

1. George Clayton, "Operational Amplifier", Erlangga ,2004

2. Schuller, Mc.Name, 1986
3. Sudjito, Baedoewie Saifuddin, Sugeng Agung, “Termodinamika Dasar”,
<http://www.indowebster.com/search/termodinamika>.
4. <http://www.omega.com>, Thermocouple introducing and theory, 12/6/2007,
24 : 24

LAMPIRAN

Tabel Suhu vs ADC:

SUHU	ADC
180	376
175	372
170	357
165	339
160	332
155	317
150	308
145	303

140	284
135	271
130	261
125	255
120	244
115	234
110	225
105	212
100	191
95	181
90	165
85	156
80	150
75	142
70	134
65	118
60	106
55	98
50	89
45	76
40	67

Tabel Termometer vs Termokopel

TERMOMETER	TERMOCOUPLE
180	183
175	177
170	173
165	168
160	164
155	158
150	152

145	146
140	143
135	137
130	133
125	127
120	123
115	118
110	113
105	108
100	104
95	98
90	94
85	88
80	83
75	78
70	72
65	68
60	63
55	58
50	53
45	47
40	43

