

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI TEMPERATUR
PADA *PROTOTYPE* MESIN *METAL THERMAL EVAPORATOR*
BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rhama Anugrah Putra

219411022



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI TEMPERATUR PADA
PROTOTYPE MESIN METAL THERMAL EVAPORATOR BERBASIS
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC)**

Oleh:

Rhama Anugrah Putra

219411022

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 28 Agustus, 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Otto Purnawarman, ST., MT.
NIP. 196207101989031004

Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., MT.
NIP. 199402272020121005

Disahkan,

Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,

Andri Pratama, SST., M.Sc.
NIP. 198509252018031000

Rani Nopriyanti, S.Si., MT.
NIP. 199011032022032008

Dedy Ariefijanto, SST., MT.
NIP. 197112052002121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rhama Anugrah Putra
NIM : 219411022
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Kendali Temperatur
Pada *Prototype* Mesin *Metal Thermal*
Evaporator Berbasis *Programmable Logic*
Control (PLC)

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 28 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Rhama Anugrah Putra)
NIM 219411022

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rhama Anugrah Putra
NIM : 219411022
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Rancang Bangun Sistem Kendali Temperatur
Pada *Prototype* Mesin *Metal Thermal*
Evaporator Berbasis *Programmable Logic*
Control (PLC)

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 28 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Rhama Anugrah Putra)
NIM 219411022

MOTO PRIBADI

“Life Is Never Flat”

Nikmati hidupmu

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Rancang Bangun Sistem Kendali Temperatur Pada *Prototype Mesin Metal Thermal Evaporator Berbasis Programmable Logic Control (PLC)*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Otto Purnawarman,ST.,MT., Bapak Nur Jamiludin Ramadhan S.Tr.,MT.
2. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Andri Pratama, SST., M.Sc., Bu Rani Nopriyanti, S.Si., MT., dan Bapak Dedy Ariefijanto, SST., MT.
3. Panitia tugas akhir Bu Risky Ayu Febriani, S.Tr., M.Sc.
4. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ratih Suryati dan Sumarno yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi

moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Untuk kakak dan adik saya yang telah membantu dan mendoakan saya untuk kelancaran pembuatan karya tulis ilmiah ini.
6. Fathur, Nursyadifa, Rafialdi, dan Lukman yang telah membantu untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
7. Semua Rekan-rekan penulis khususnya kelas 4MED Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 28 Agustus 2023/9

Penulis

ABSTRAK

Metal Thermal Evaporator merupakan teknologi penguapan suatu material dengan memanaskannya hingga suhu titik leburnya dengan kondisi *vacuum*, sehingga material tersebut menguap dan melapisi ke material lain (*Substrate*). Pada dasarnya mesin ini memerlukan sebuah sistem untuk mengendalikan temperatur yang terjadi, Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem kendali temperatur pada *prototype* mesin *metal thermal evaporator* berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) dan mengetahui apakah inverter las dapat digunakan sebagai sumber arus untuk wadah pemanas konduksi (*tungsten boat*) ketika proses evaporasi. Pembuatan sistem kendali ini dilakukan menggunakan metode VDI 2206 model V sebagai konsep untuk memilih komponen yang digunakan berdasarkan kebutuhan sistem dan alur proses yang dikerjakan pada penelitian ini. Untuk mengetahui hasil dari pembuatan sistem kendali ini, dilakukan uji validasi data dengan membandingkan perhitungan manual dengan pengukuran secara aktual menggunakan alat bantu thermogun untuk mengetahui berapakah persentase error yang didapat pada penelitian ini. Dari hasil perbandingan yang dilakukan, penelitian ini menunjukkan bahwa perbandingan dari perhitungan manual dengan hasil pengukuran aktual memiliki tingkat persentase error kurang dari 10% dan menunjukkan bahwa penggunaan dari inverter las untuk dilakukan proses evaporasi pada mesin *metal thermal evaporator* ini tidak dapat memenuhi tingkat temperatur yang dibutuhkan oleh sistem.

Kata kunci: *Metal Thermal Evaporator*, *VDI 2206 Model V*, **Sistem Kendali**, **Inverter Las**, **PLC**

ABSTRACT

The Metal Thermal Evaporator is a technology used for material evaporation by heating it to its boiling point temperature under vacuum conditions, causing the material to vaporize and coat other materials (substrates). Essentially, this machine requires a system to control the occurring temperature. This research aims to develop a temperature control system for a prototype of a metal thermal evaporator machine based on Programmable Logic Control (PLC) and to investigate the feasibility of using a welding inverter as a current source for the conduction heating container (tungsten boat) during the evaporation process. The development of this control system is carried out using the VDI 2206 model V method as a concept for selecting components based on the system requirements and the workflow of the process conducted in this research. To evaluate the outcomes of this control system development, a validation test is performed by comparing manual calculations with actual measurements using a thermogun as a measuring tool to determine the percentage of error obtained in this study. The results of the conducted comparison indicate that the percentage error between manual calculations and actual measurements is less than 10%, demonstrating that the proposed control system is accurate. However, it is found that the utilization of a welding inverter for the evaporation process in the metal thermal evaporator machine is unable to meet the required temperature level for the system

Keywords: Metal Thermal Evaporator, VDI 2206 Model V, Control System, Welding Inverter, PLC

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
I BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-4
I.3 Batasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-5
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-6
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Kalor	II-1
II.2 Kalor Sensibel (<i>Sensible Heat</i>).....	II-1
II.3 Kalor Laten (<i>Latent Heat</i>)	II-1
II.4 Perpindahan Kalor	II-2
II.4.1 Konduksi	II-2
II.4.2 Konveksi	II-2
II.5 Radiasi	II-2
II.6 Sistem Vakum	II-3
II.6.1 Tingkat Kevakuman	II-3
II.6.2 Pompa Vakum.....	II-4
II.7 Sistem Kontrol.....	II-5
II.8 Tugas Dari <i>Programmable Logic Control</i> (PLC)	II-6
II.9 Tinjauan Alat	II-6
II.9.1 Perangkat Keras	II-6

II.9.2	Perangkat Lunak.....	II-17
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....	III-1
III.1	Metode VDI 2206 Model V.....	III-1
III.2	Analisa Kebutuhan Sistem.....	III-2
III.2.1	Analisa Kebutuhan Input.....	III-2
III.2.2	Analisa Kebutuhan Output.....	III-2
III.2.3	Analisa Kebutuhan Proses	III-3
III.2.4	Analisis kebutuhan perangkat keras.....	III-3
III.2.5	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak.....	III-3
III.2.6	Evaluasi Morfologi.....	III-4
III.3	Diagram Keseluruhan Sistem	III-5
III.4	Perancangan	III-7
III.5	Perangkat keras	III-7
III.5.1	Konsep Komponen Terpilih.....	III-13
III.6	Perangkat Lunak	III-15
III.7	Konsep Spesifik	III-21
III.8	Mekanikal dan elektrikl	III-21
III.8.1	Desain Komponen Panel Box Sistem Kontrol.....	III-26
III.8.2	Desain Bracket Servo Motor.....	III-27
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Implementasi Sistem Mekanik	IV-1
IV.1.1	Box Panel Sistem Kontrol.....	IV-1
IV.1.2	Bracket Servo Motor	IV-1
IV.2	Hasil Implementasi Instalasi Listrik Sistem Kontrol.....	IV-2
IV.3	Hasil Uji Coba Sistem Kontrol	IV-3
IV.3.1	Nilai Duty Cycle Instruksi PWM pada CX Programmer.....	IV-3
IV.3.2	Putaran Sudut Servo Motor terhadap Nilai Duty Cycle.....	IV-6
IV.3.3	Korelasi Putaran Sudut Servo Motor terhadap Nilai Arus Pada Inverter Las	IV-9
IV.3.4	Korelasi Nilai Suhu terhadap Nilai Arus Inverter Las	IV-11
IV.3.5	Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Besaran Suhu.....	IV-12
IV.4	Pembuatan Program Persamaan Input Suhu/Temperature	IV-13
IV.4.1	Perhitungan Persamaan Linear Manual	IV-14
IV.4.2	Pembuatan Program Persamaan Suhu/Temperatur	IV-15
IV.4.3	Uji Validasi Input Suhu terhadap Suhu Aktual.....	IV-16
V	BAB V PENUTUP	V-1

V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		ii
LAMPIRAN.....		iii

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Spesifikasi PLC CP1H.....	II-8
Tabel II-2 Spesifikasi <i>Human Machine Interface</i> (HMI) NB7W-TW11B	II-10
Tabel II-3 Spesifikasi Solenoid Valve 2 Way.....	II-12
Tabel II-4 Spesifikasi Servo Motor MG966R.....	II-13
Tabel II-5 Spesifikasi Mesin Las Listrik.....	II-15
Tabel III-1 Daftar Kebutuhan Keseluruhan Sistem	III-4
Tabel III-2 Daftar Tuntutan dan Spesifikasi	III-6
Tabel III-3 Alternatif PLC (<i>Programmable Logic Control</i>).....	III-8
Tabel III-4 Alternatif <i>Interface</i>	III-8
Tabel III-5 Alternatif Valve	III-9
Tabel III-6 Alternatif Sumber Arus.....	III-10
Tabel III-7 Alternatif Motor.....	III-11
Tabel III-8 Spesifikasi Sistem.....	III-12
Tabel III-9 Konsep Komponen Terpilih	III-13
Tabel III-10 Komponen Tambahan.....	III-14
Tabel III-11 Simbol Komponen pada Qelectrotech	III-21
Tabel III-12 Keterangan Warna Simbol <i>Cable</i> pada Qelectrotech	III-24
Tabel IV-1 Daftar Komponen yang digunakan untuk rancangan instalasi listrik sistem kontrol.....	IV-2
Tabel IV-2 Setting Awal dan Cara Penggunaan Osiloskop.....	IV-3
Tabel IV-3 Pengujian Duty Cycle menggunakan Osiloskop	IV-5
Tabel IV-4 Data Range nilai putaran sudut servo motor	IV-7
Tabel IV-5 Hasil Kesimpulan Data Range Nilai Input terhadap sudut servo motor	IV-7
Tabel IV-6 Pengujian Nilai Input terhadap nilai aktual sudut servo.....	IV-8
Tabel IV-7 Pengujian Data Range Nilai Input Terhadap Nilai Arus	IV-9
Tabel IV-8 Hasil Kesimpulan Data Range Nilai Input terhadap Nilai Arus.....	IV-9
Tabel IV-9 Pengujian Suhu terhadap Nilai Ampere	IV-11
Tabel IV-10 Data Hasil Keseluruhan Pengujian Nilai Suhu Terhadap Ampere..	IV-12
Tabel IV-11 Pengujian Validasi input suhu terhadap suhu aktual.....	IV-17
Tabel IV-12 Data Hasil Keseluruhan dan nilai error	IV-17

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Mesin <i>Prototype Metal Thermal Evaporator</i>	I-2
Gambar I-2 Ukuran dan Bentuk <i>Tungsten Boat</i> yang digunakan pada mesin MTE di ITB	I-3
Gambar I-3 <i>Butterfly Valve</i> yang digunakan pada mesin MTE di ITB	I-3
Gambar II-1 Grafik <i>Sensible Heat</i> dan <i>Latent Heat</i>	II-1
Gambar II-2 <i>Vacuum pump</i> dan <i>Turbo Moleccular Pump</i>	II-4
Gambar II-3 Skema Sistem Kontrol.....	II-5
Gambar II-4 PLC Omron CP1H-XA40DT-D.....	II-7
Gambar II-5 <i>Model Number</i> PLC CP1H.....	II-7
Gambar II-6 <i>Sinking Output</i>	II-8
Gambar II-7 Aksesoris Ethernet Komunikasi (1xRJ45)	II-9
Gambar II-8 HMI Omron NB7W-TW11B	II-9
Gambar II-9 Bentuk dan simbol relay	II-10
Gambar II-10 Bentuk dan Simbol <i>Magnetic</i> Kontaktor.....	II-11
Gambar II-11 Solenoid Valve 2 Way	II-12
Gambar II-12 Servo motor MG966R.....	II-13
Gambar II-13 Sinyal PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	II-14
Gambar II-14 Nilai Pulse Servo Motor untuk Nilai Sudut yang Diperlukan....	II-14
Gambar II-15 Inverter las listrik	II-15
Gambar II-16 Power Supply 24VDC (Kiri) Power Supply 5VDC (Kanan).....	II-16
Gambar II-17 Pilot Lamp 24VDC.....	II-16
Gambar II-18 CX-Programmer	II-17
Gambar II-19 <i>Floating Point Multiply</i>	II-17
Gambar II-20 <i>Floating Point Add</i>	II-18
Gambar II-21 <i>Floating to 16 Bit</i>	II-18
Gambar II-22 <i>16 bit to Floating</i>	II-18
Gambar II-23 <i>Pulse With Variable Duty Ratio</i>	II-19
Gambar II-24 100ms <i>Timer</i> (BCD <i>Type</i>)	II-19
Gambar II-25 Qelectrotech	II-20
Gambar II-26 Tampilan Konfigurasi NB-Designer	II-20
Gambar II-27 Tampilan Desain NB-Designer	II-21
Gambar II-28 Tampilan awal 3D Desain SolidWorks	II-21
Gambar III-1 Metode VDI 2206 Model V	III-1
Gambar III-2 Diagram Keseluruhan Sistem	III-5
Gambar III-3 Komponen tambahan servo motor untuk PLC.....	III-11
Gambar III-4 Diagram Alir Perancangan rangkaian kendali dan daya.....	III-16
Gambar III-5 Diagram Alir Perancangan ladder program <i>Solenoid Valve</i>	III-17
Gambar III-6 Diagram Alir Perancangan ladder program inverter las (operasi melting)	III-18
Gambar III-7 Diagram Alir Perancangan ladder program inverter las (operasi evaporasi)	III-19
Gambar III-8 Diagram Alir Perancangan ladder program inverter las (operasi auto).....	III-20
Gambar III-9 Rangkaian Kendali.....	III-23
Gambar III-10 Rangkaian Daya	III-24

Gambar III-11 Tampilan Layar HMI pada NB-Designer	III-25
Gambar III-12 Desain Komponen Panel Box Sistem Kontrol serta Explode Viewnya	III-26
Gambar III-13 Desain Komponen Bracket Servo Motor Sistem Kontrol serta Explode Viewnya	III-27
Gambar IV-1 Hasil Rancangan Mekanik Box Panel Sistem Kontrol	IV-1
Gambar IV-2 Hasil Rancangan Mekanik Bracket Servo Motor	IV-1
Gambar IV-3 Hasil Implementasi Elektrik Instalasi Listrik Sistem Kontrol	IV-2
Gambar IV-4 Osiloskop Instek GDS-1062	IV-3
Gambar IV-5 Instruksi Program PWM pada Cx-Programmer	IV-6
Gambar IV-6 Grafik Perbandingan nilai perhitungan manual sudut servo dengan nilai aktual sudut servo.....	IV-8
Gambar IV-7 Thermo Gun Sanfix IT-1500	IV-11
Gambar IV-8 Grafik Perbandingan Penggunaan mesin las 450watt dan 900watt	IV-13
Gambar IV-9 Diagram Alir Pembuatan Program Persamaan input suhu/temperatur	IV-14
Gambar IV-10 Tampilan Program Persamaan pada Cx-Programmer	IV-16

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** Operation Plan Box Panel Sistem Kontrol
- Lampiran B** Operation Plan Perakitan Box Panel Sistem Kontrol
- Lampiran C** Operation Plan Perakitan Instalasi Listrik Pada Baki
- Lampiran D** Datasheet PLC CP1H-XA40DT-D
- Lampiran E** Katalog Inverter Las
- Lampiran F** Ladder Program

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

PLC	= <i>Programmable Logic Control</i>
PC	= <i>Personal Computer</i>
HMI	= <i>Human Machine Interface</i>
PWM	= <i>Pulse Width Modulation</i>
TMP	= <i>Turbo Molecullar Pump</i>
PSU	= <i>Power Supply</i>
I/O	= <i>Input Output</i>
MCB	= <i>Miniatur Circuit Breaker</i>
ITB	= <i>Institut Teknologi Bandung</i>
NEMA	= <i>National Electrical Manufacturing Association</i>
DC	= <i>Direct Current</i>
AC	= <i>Alternating Current</i>
NO	= <i>Normally Open</i>
NC	= <i>Normally Close</i>
MTE	= <i>Metal Thermal Evaporator</i>
α_1	= Nilai input PWM Max
α_2	= Nilai input PWM Min
T2	= Nilai suhu Max
T1	= Nilai suhu Min
α	= Nilai PWM
T	= Nilai Suhu
A	= Ampere

BAB I

PENDAHULUAN

I.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 serta kemudahan pada proses penggunaannya, salah satu contohnya adalah teknologi *Metal Thermal Evaporation* (MTE) yang ditemukan oleh Bunsen dan Grove pada tahun 1852 yang merupakan teknologi penguapan suatu material dengan memanaskannya hingga pada suhu titik leburnya dengan kondisi *vacuum* sehingga material tersebut menguap dan melapisi ke material lain (*Substrate*) yang membentuk lapisan tipis. [14]

Pada penggunaannya mesin MTE ini memiliki berbagai macam jenis material yang akan digunakan sebagai bahan untuk melapisi *Substrate* yang diantaranya seperti aluminium tembaga, emas, dan sebagainya. Maka dari itu dengan penggunaan dari berbagai macam jenis material tersebut sebenarnya memiliki fungsinya masing-masing tergantung dari kebutuhan setiap produk yang akan dilapisinya. Sebagai bahan baku material yang akan dilelehkan hingga menjadi uap untuk menjadi pelapisan produk, maka dibutuhkan tingkat suhu dengan temperatur yang sangat tinggi tergantung dari material yang akan digunakannya, temperatur ini juga akan dipengaruhi oleh besaran daya pada inverter las yang digunakan sebagai media untuk mengalirkan alur listrik untuk menghasilkan panas pada wadah pemanas (*tungsten boat*) yang digunakan pada mesin MTE. Selain dari besaran daya pada inverter las, selain itu juga yang berpengaruh pada besaran temperatur adalah wadah pemanas (*tungsten boat*) yang digunakan, faktor diantaranya yang mempengaruhi tingkat temperatur yang terjadi diantaranya :

1. Ukuran dan bentuk dari *tungsten boat*

Dikarenakan perpindahan panas yang terjadi mengalami proses konduksi, maka semakin besar luas penampang pada *tungsten boat* yang digunakan maka akan mempengaruhi tingkat temperatur yang terjadi.

2. Kapasitas panas *tungsten boat*

Kapasitas panas *tungsten boat* akan mempengaruhi karena berapa banyak suhu yang dapat disimpan oleh tungsten boat, jika suhu yang disimpan melebihi kapasitas tungsten boat yang digunakan, maka tungsten boat akan rusak hal ini juga akan mempengaruhi laju kenaikan temperatur.

3. Material pada *tungsten boat*

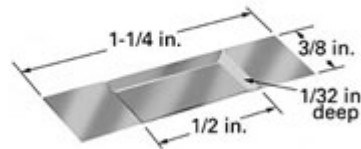
Material yang berbeda memiliki konduktivitas termal yang berbeda. Konduktivitas termal mengukur seberapa baik suatu material menghantarkan panas. Material dengan konduktivitas termal yang tinggi akan lebih efisien dalam menghantarkan panas dari sumber panas (seperti elemen pemanas) ke seluruh boat dan bahan yang akan diuapkan. Oleh karena itu, pemilihan material yang memiliki konduktivitas termal yang sesuai dapat mempengaruhi seberapa baik panas didistribusikan dan menjaga temperatur yang diinginkan.

Pada penelitian ini, POLMAN Bandung melaksanakan observasi ke Institut Teknologi Bandung (ITB) untuk mengidentifikasi masalah yang ada pada mesin *prototype* MTE yang berada pada Laboratorium Fisika semikonduktor, penampakan mesin yang ada pada ITB ditampilkan sebagai berikut.



Gambar I-1 Mesin *Prototype Metal Thermal Evaporator*

Pada mesin MTE tersebut sumber arus yang digunakan untuk menghasilkan panas adalah inverter las, untuk besaran daya yang digunakannya sebesar 900watt. wadah pemanas (*tungsten boat*) yang digunakan pada mesin MTE ini memiliki tebal 0.05mm dengan ukuran dan bentuk yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar I-2 Ukuran dan Bentuk *Tungsten Boat* yang digunakan pada mesin MTE di ITB

Pada penggunaan *tungsten boat* diatas, ketika dilakukan proses evaporasi tungsten boat yang digunakan tidak dapat menahan suhu yang terjadi sehingga ketika proses evaporasi selesai, tungsten boat yang digunakan rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Selain itu pada mesin tersebut proses pelelehan dan penguapan material harus dilakukan dalam kondisi vakum, maka digunakan katup untuk membuka dan menutup aliran fluida yang terjadi, pada mesin tersebut katup yang digunakan adalah *butterfly valve* yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar I-3 *Butterfly Valve* yang digunakan pada mesin MTE di ITB

Pada proses penggunaannya mesin tersebut masih dilakukan kontrol secara manual dengan beberapa komponen yang masih harus dioperasikan secara terpisah, dikarenakan sumber arus yang digunakan pada mesin ini inverter las maka input dari mesin ini juga masih berupa besaran ampere yang ditampilkan pada potensio inverter las, sehingga operator yang menggunakan mesin tersebut

masih mengacu kepada besaran ampere dengan tingkat temperatur yang tidak dapat diketahui, maka dari pernyataan tersebut dibutuhkan sistem pengendali temperatur agar input yang diberikan merupakan nilai temperatur. Dan untuk mengetahui apakah penggunaan inverter las sebagai sumber arus pada mesin MTE ini dapat mencapai temperatur yang diinginkan dengan menggunakan bentuk dan ukuran *tungsten boat* yang berbeda untuk melakukan proses evaporasi material.

Dengan demikian, mesin dengan sistem yang dapat mengendalikan temperatur dan dapat dikontrol secara terpusat dapat mengatasi permasalahan diatas, maka dari itu untuk membuat sistem kendali tersebut penulis melakukan pembahasan mengenai proses “Rancang Bangun Sistem Kendali Temperatur Pada *Prototype* Mesin *Metal Thermal Evaporator* Berbasis *Programmable Logic Control (PLC)*”.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan – rumusan masalah yang telah didapatkan dari pemaparan masalah yaitu :

1. Bagaimana prinsip kerja dari sistem kendali temperatur pada *prototype* mesin *Metal Thermal Evaporator*?
2. Bagaimana cara merancang dan merakit sistem kendali temperatur pada *prototype* mesin *Metal Thermal Evaporator* agar dapat dikendalikan menggunakan PLC dan HMI?
3. Bagaimana mengetahui nilai dari besaran arus yang diberikan dengan hasil nilai temperatur yang terjadi pada inverter las sebagai sumber arus untuk pemanas pada *prototype* mesin *Metal Thermal Evaporator*?
4. Bagaimana cara mengendalikan besaran temperatur yang akan terjadi sesuai dengan input yang diberikan?
5. Apakah penggunaan inverter las sebagai sumber arus untuk pemanas konduksi pada *prototype* mesin *Metal Thermal Evaporator* dapat digunakan untuk proses evaporasi?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang didapatkan, agar pembahasan lebih spesifik maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan perakitan sistem kendali ini mengacu pada mesin *prototype* yang ada di Institut Teknologi Bandung (ITB).
2. Kontroler yang digunakan menggunakan *Programmable Logic Control* (PLC).
3. Komponen yang digunakan merupakan hasil dari metode VDI 2206.
4. Pengujian nilai temperatur dilakukan ketika kondisi chamber tidak vakum.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dari tugas akhir ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Sistem kendali ini dapat mengendalikan temperatur pada *prototype* mesin *Metal Thermal Evaporator* dengan sumber arus yang digunakannya adalah inverter las.
2. Sistem kendali yang dirancang dan dirakit ini dapat dikendalikan secara terpusat menggunakan *Human Machine Interface* dan PLC sehingga penggunaan mesin menjadi lebih efektif.
3. Sistem kendali ini akan mengetahui nilai besaran arus yang terjadi dengan nilai temperatur yang dicapainya.
4. Sistem kendali ini dapat mengendalikan temperatur yang diinginkan sesuai dengan inputnya.
5. Sistem kendali ini akan menguji apakah penggunaan inverter las sebagai sumber arus untuk pemanas konduksi dapat digunakan untuk proses evaporasi.

Untuk manfaatnya :

1. Tugas akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai perancangan dan perakitan sistem kendali pada mesin *Metal Thermal Evaporator*.
2. Dapat mempermudah pengontrolan temperatur pada mesin *Metal Thermal Evaporator*.

3. Mengetahui sejauh mana penggunaan inverter las sebagai sumber arus untuk pemanas konduksi ketika dilakukan proses evaporasi pada mesin MTE.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika karya tulis ilmiah Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan dan penjelasan mengenai hasil-hasil penelitian tugas akhir.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dari penelitian tugas akhir dan saran yang diberikan oleh penulis .