

**SISTEM PENGENDALIAN TEKANAN DALAM  
ANTECHAMBER PADA MESIN *GLOVE BOX*  
BERBASIS PID**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan

Oleh

Miftahudin Ramadhan Nawawi

221441037



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir yang berjudul:  
**SISTEM PENGENDALIAN TEKANAN DALAM  
ANTECHAMBER PADA MESIN *GLOVE BOX*  
BERBASIS PID**

Oleh:  
Miftahudin Ramadhan Nawawi  
221441037

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

Bandung, 4 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



**Nur Wisma Nugraha,**  
**S.T., M.T.**  
NIP. 197406092003121002

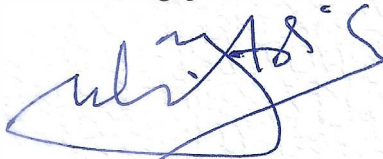
Pembimbing II,



**Muhammad Nursyam Rizal,**  
**S.Tr.T., M.Sc.**  
NIP. 199503012024061001

Disahkan,

Penguji I,



**Dr. Ing. Yuliadi Erdani,**  
**M.Sc.**  
NIP. 196807021997021001

Penguji II,



**Fitriya Suryatini,**  
**S.Pd., M.T.**  
NIP. 198804242018032001

Penguji III,



**Nur Jamrudin  
Ramadhan, S.Tr., M.T.**  
NIP. 199402272020121005

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Miftahudin Ramadhan Nawawi  
NIM : 221441037  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Sistem Pengendalian Tekanan Dalam  
*Antechamber* Pada Mesin *Glove Box*  
Berdasarkan PID

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 : 01 – 07 – 2025  
Yang Menyatakan,

(Miftahudin Ramadhan Nawawi)  
NIM 221441037

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Miftahudin Ramadhan Nawawi  
NIM : 221441037  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Sistem Pengendalian Tekanan Dalam Antechamber Pada Mesin *Glove Box* Berbasis PID

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 : 01 – 07 – 2025  
Yang Menyatakan,

(Miftahudin Ramadhan Nawawi)  
NIM 221441037

## **MOTO PRIBADI**

Sebuah langkah kecil yang konsisten lebih berarti,  
dibandingkan diam dalam ketakutan.

“Nak, buktikan bahwa anak *broken home* juga bisa sukses. Apa pun jalan yang  
kamu tempuh, Bunda akan meridhoi”.

-Bunda

“Dengan tanganku kubantu aku, tumbuh membaru dengan lukaku”.

-Nadin Amizah

“Jadilah besar bestari dan manfaat tuk sekitar”.

-Kunto Aji

## 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: “Sistem Pengendalian Tekanan Dalam *Antechamber* Pada Mesin *Glove Box* Berbasis PID”.

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

Terselesaikannya 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. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.S.T., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T., dan Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T, M.Sc.
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dr. Ing. Yuliadi Erdani, M.Sc., Dipl.El.HTL, Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., dan Bapak Nur Jamiludin Ramadhan S.Tr., M.T.

6. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd.
7. Pintu surgaku, Ibu Mujiwati yang telah memikul peran ganda dalam keluarga sejak penulis berusia dua belas. Dengan keteguhan, beliau mengisi kekosongan, membagi tubuh, waktu, dan pikiran demi memberi penulis rumah yang tetap hangat. Terima kasih selalu menjadi alasan penulis bertahan meski di tengah keputusasaan. Terima kasih untuk setiap lelah perjuangan, dan setiap doa yang terpanjatkan, selalu menjadi cahaya bagi penulis untuk melangkah ke depan. Maaf jika proses yang penulis lalui terasa panjang, lambat, dan penuh keluhan. Tugas akhir ini penulis dedikasikan sebagai bentuk keteguhan dan kasih sayang Ibu, yang selalu hadir, walau dengan segala keterbatasan yang ada.
8. Teruntuk Kakak penulis, Bachtiar Handoko. Terima kasih untuk setiap langkah yang Kakak korbankan agar penulis bisa mempunyai ruang untuk tumbuh dan melangkah lebih jauh. Terima kasih karena telah mengalah dalam diam, memberi ruang tanpa syarat, dan menjadi alasan penulis tetap bisa bermimpi dengan tenang. Terima kasih karena telah menjadi sosok yang kuat di saat keluarga sangat membutuhkan, yang tak mungkin penulis mampu balas dengan apa pun. Tugas akhir ini turut saya dedikasikan sebagai bentuk penghargaan atas pengorbanan dan dukungan yang telah Kakak berikan, dengan harapan mewujudkan mimpi Kakak yang tertunda.
9. Teruntuk sahabat-sahabat SMK: Fazri Pauzan, Muhammad Adam Abhinaya, A.Md.T., Naufal Rahman, A.Md.T., dan Raul Henryawan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang diberikan selama masa-masa penting dalam perjalanan penulis. Kebersamaan dan dukungan ini menjadi bagian berharga yang turut membentuk semangat Penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teruntuk teman-teman kelas 4AEB-2 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis. Terima kasih telah menjadi teman bertumbuh, dan saling menguatkan dalam setiap proses perjalanan tugas akhir ini. Semoga ilmu, dan pengalaman yang kita lalui bersama dapat menjadi bekal berharga dalam langkah kita masing-masing ke depan.

11. Kepada engkau yang ditakdirkan menjadi bagian dari separuh agama penulis. Kelak kamu menjadi salah satu alasanku berjuang dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sebagai bentuk ikhtiar untuk memantaskan diri. Semoga engkau selalu dijaga dalam iman, dilindungi dalam takwa, dan dibimbing dalam kebaikan. Tugas akhir ini menjadi bukti nyata, bahwa tidak ada perempuan manapun yang menemani perjuangan penulis dalam menyusun karya tulis ini, selain Bunda. Jika nanti sudah waktunya untuk bertemu dan kamu membaca karya tulis ini, aku harap kamu tidak akan merasakan perasaan cemburu perihal nama lain yang ada disini.

12. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri, Miftahudin Ramadhan Nawawi, karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena telah memilih untuk bertahan di tengah tantangan, tetap berproses meski diliputi keraguan, dan tidak berhenti walau terkadang belum sesuai harapan. Terima kasih karena telah menjadi teman yang paling setia untuk diri sendiri, yang hadir dalam kesunyian, menerima setiap kegagalan, dan selalu belajar atas semua keadaan, sehingga dapat terus berjalan beriringan.

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, 14 Juli 2025

Penulis

## ABSTRAK

*Glove box* merupakan peralatan yang digunakan untuk menciptakan lingkungan kerja terkontrol dan terisolasi, salah satunya dengan dilakukannya pengendalian tekanan negatif pada *antechamber* untuk mencegah kontaminasi selama proses dekontaminasi material sensitif. Pengendalian tekanan secara manual pada sistem *glove box* memiliki kelemahan berupa potensi kebocoran dan kesulitan mempertahankan tekanan stabil dalam jangka panjang. Penelitian ini mengembangkan sistem pengendalian tekanan otomatis berbasis PID menggunakan PLC Haiwell AC12M0R sebagai pengendali utama, sensor tekanan Autonics PSS-C01V sebagai umpan balik tekanan, dan *proportional valve* sebagai aktuator kendali laju aliran vakum. Tuning parameter PID dilakukan menggunakan metode Ziegler-Nichols yang diterapkan melalui simulasi MATLAB Simulink dan diuji pada *plant glove box* nyata. Hasil pengujian menunjukkan tuning metode pertama menghasilkan *overshoot* sebesar 6%, sedangkan tuning metode kedua lebih agresif dengan *overshoot* mencapai 45%. *Tune* PID berhasil menurunkan *overshoot* rata-rata menjadi 3% dengan *steady state error* sebesar 1 mbar. Sistem berhasil mempertahankan tekanan dalam rentang -100 mbar hingga -500 mbar selama 120 detik dan meningkatkan kestabilan tekanan selama proses dekontaminasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian otomatis berbasis PID lebih efektif dibandingkan metode manual dalam mengendalikan dan menjaga tekanan negatif *antechamber* secara stabil dan efisien.

**Kata kunci:** Simulink, Dekontaminasi, Tekanan Vakum, *Proportional Valve*

## **ABSTRACT**

*The glove box is an apparatus designed to create a controlled and isolated working environment, one of which is achieved by maintaining negative pressure in the antechamber to prevent contamination during the decontamination of sensitive materials. Manual pressure control in glove box systems presents limitations, including the risk of leakage and difficulty in maintaining long-term pressure stability. This study develops an automatic pressure control system based on a PID controller, utilizing the Haiwell AC12M0R PLC as the main controller, the Autonics PSS-C01V pressure sensor for feedback, and a proportional valve as the actuator for vacuum flow control. PID parameter tuning was conducted using the Ziegler Nichols method, implemented through MATLAB Simulink simulation, and tested on an actual glove box plant. Experimental results showed that the first tuning method produced an overshoot of 6%, while the second method exhibited a more aggressive response with a 45% overshoot. Further PID refinement successfully reduced the average overshoot to 3%, with a steady-state error of 1 mbar. The system maintained pressure within the range of -100 mbar to -500 mbar for 120 seconds, improving pressure stability during the decontamination process. These results demonstrate that the proposed PID based automatic control system is more effective than manual methods in achieving stable and efficient negative pressure regulation within the glove box antechamber.*

*Keywords: Simulink, decontamination, proportional valve, vacuum pressure*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTO PRIBADI</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>I BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Rumusan Masalah .....	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan .....	I-4
<b>II BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 <i>Glove Box</i> .....	II-1
II.1.2 Sistem Kendali.....	II-2
II.1.3 Model Matematis <i>Chamber</i> .....	II-3
II.1.4 Model Matematis <i>Control Valve</i> .....	II-6
II.1.5 Respon Sistem .....	II-7
II.1.6 Sistem Kendali PID .....	II-9
II.1.7 Metode Ziegler-Nichols (ZN) .....	II-12
II.1.8 <i>Human Machine Interface</i> .....	II-14
II.1.9 Haiwellbus Protocol.....	II-14
II.2 Tinjauan Alat.....	II-15
II.2.1 Sensor Tekanan Autonics PSS-C01V .....	II-15

II.2.2	PLC Haiwell AC12M0R .....	II-16
II.2.3	Analog I/O Haiwell A04AI .....	II-16
II.2.4	HMI Haiwell B7H .....	II-17
II.2.5	Haiwell Cloud SCADA.....	II-18
II.2.6	MATLAB Simulink.....	II-18
II.2.7	Burkert 6022 <i>Proportional Valve</i> .....	II-19
II.2.8	<i>Vacuum</i> Rocker 300.....	II-20
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-20
<b>III</b>	<b>BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....</b>	<b>III-1</b>
III.1	Kajian Pustaka.....	III-2
III.2	Analisis Kebutuhan .....	III-2
III.3	Perancangan Sistem.....	III-3
III.3.1	Gambaran Umum Sistem .....	III-3
III.3.2	Perancangan Sistem Kendali .....	III-5
III.3.3	Perancangan PID Metode Ziegler-Nichols .....	III-7
III.3.4	Diagram Alir Sistem .....	III-10
III.3.5	Rancangan Aplikasi .....	III-13
III.3.6	Pembuatan Sistem.....	III-15
III.3.7	Integrasi Aplikasi dan Sistem.....	III-15
III.3.8	Pembuatan Aplikasi .....	III-15
III.3.9	Pengujian dan Perbaikan Sistem .....	III-15
III.3.10	Analisa Hasil .....	III-15
<b>IV</b>	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
IV.1	Implementasi Alat/Sistem.....	IV-1
IV.2	Implementasi Integrasi Sistem .....	IV-2
IV.2.1	Integrasi PLC.....	IV-2
IV.2.2	Integrasi Antarmuka .....	IV-6
IV.3	Implementasi Tampilan Antarmuka .....	IV-9
IV.3.1	Tampilan Login .....	IV-9
IV.3.2	Tampilan <i>Overview</i> .....	IV-10
IV.3.3	Tampilan Grafik .....	IV-11
IV.4	Implementasi Pengujian Sensor Tekanan .....	IV-11

IV.4.1	Kalibrasi Sensor Tekanan .....	IV-13
IV.4.2	Pengujian Akurasi Sensor Tekanan .....	IV-15
IV.4.3	Pengujian Presisi Sensor Tekanan .....	IV-16
IV.5	Implementasi Kalibrasi <i>Proportional Valve</i> .....	IV-18
IV.6	Implementasi Pengujian Pengedali PID .....	IV-21
IV.6.1	Pengujian PID Ziegler-Nichols Metode Pertama .....	IV-21
IV.6.2	Pengujian Tuning PID Ziegler-Nichols Metode Kedua.....	IV-23
IV.7	Perbaikan Sistem.....	IV-25
IV.7.1	Pengujian <i>Tune</i> PID MATLAB-Simulink .....	IV-27
<b>V</b>	<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>V-1</b>
V.1	Kesimpulan .....	V-1
V.2	Saran .....	V-1
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xviii</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xxiii</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Tuning Manual Parameter PID [23] .....	II-11
Tabel II.2 Nilai $K_p$ , $T_i$ , $T_d$ Berdasarkan Kurva Reaksi [20] .....	II-13
Tabel II.3 Nilai $K_p$ , $T_i$ , $T_d$ <i>Critical Period</i> [20] .....	II-13
Tabel II.4 Spesifikasi AC12M0R Haiwell PLC .....	II-16
Tabel II.5 Spesifikasi Modul analog I/O Haiwell A04AI .....	II-17
Tabel II.6 Spesifikasi Haiwell B7H .....	II-18
Tabel II.7 Burkert 6022 <i>Proportional Valve</i> .....	II-19
Tabel II.8 Penelitian Terdahulu .....	II-20
Tabel III.1 Parameter PID Ziegler Nichols Metode Satu .....	III-9
Tabel III.2 Parameter PID Ziegler Nichols Metode Kedua .....	III-10
Tabel IV.1 Klasifikasi MAPE .....	IV-12
Tabel IV.2 Rencana Pengujian Sensor .....	IV-13
Tabel IV.3 Hasil Kalibrasi Sensor Tekanan .....	IV-13
Tabel IV.4 Data Pengujian Akurasi Sensor Tekanan .....	IV-15
Tabel IV.5 Data Pengujian Presisi Sensor Tekanan .....	IV-17
Tabel IV.6 Hasil Kalibrasi Persentase Buka <i>Proportional Valve</i> .....	IV-18
Tabel IV.7 Rencana Pengujian PID Ziegler-Nichols .....	IV-21
Tabel IV.8 Perbandingan Parameter Respon PID Tuning ZN-1 .....	IV-23
Tabel IV.9 Perbandingan Parameter Respon PID Tuning ZN-2 .....	IV-24
Tabel IV.10 Parameter PID Berdasarkan <i>Tune</i> Simulink .....	IV-26
Tabel IV.11 Rencana Pengujian <i>Tune</i> PID MATLAB-Simulink .....	IV-26
Tabel IV.12 Perbandingan Pengujian <i>Tune</i> PID MATLAB Simulink .....	IV-28

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Bagian-Bagian Pada <i>Glove Box</i> [12].....	II-1
Gambar II.2 Diagram Blok Sistem Kendali [14].....	II-3
Gambar II.3 <i>Single Chamber Vacuum System</i> [15].....	II-4
Gambar II.4 <i>Block Diagram Valve and Process.</i> [17].....	II-7
Gambar II.5 <i>Transient and Steady State Response Analyses</i> [20].....	II-8
Gambar II.6 Respon Sistem Terhadap <i>Step-input</i> [21].....	II-8
Gambar II.7 Diagram Blok PID [23].....	II-9
Gambar II.8 PID <i>Tuner</i> MATLAB-Simulink.....	II-12
Gambar II.9 Kurva Reaksi Ziegler-Nichols [20].....	II-13
Gambar II.10 Hubungan PLC dan HMI [23].	II-14
Gambar II.11 Haiwellbus Protocol [31].....	II-15
Gambar II.12 Sensor Autonics PSS-C01V [32].....	II-15
Gambar II.13 AC12M0R Haiwell PLC [33].....	II-16
Gambar II.14 Modul Analog I/O Haiwell A04AI [33].....	II-17
Gambar II.15 Haiwell B7H [33].....	II-17
Gambar II.16 Tampilan Haiwell Cloud SCADA [34].....	II-18
Gambar II.17 Perhitungan Aritmetika Dasar Melalui Simulink [35].....	II-19
Gambar II.18 <i>Proportional Valve</i> [36].....	II-19
Gambar II.19 <i>Vacuum Rocker 300</i> [37].....	II-20
Gambar III.1 Metodologi Penelitian.....	III-1
Gambar III.2 Gambaran Umum Sistem.....	III-3
Gambar III.3 <i>Piping and Instrumentation Diagram</i> .....	III-5
Gambar III.4 Perancangan Sistem Kendali.....	III-5
Gambar III.5 <i>Open Loop System</i> .....	III-8
Gambar III.6 <i>Open Loop Response</i> .....	III-8
Gambar III.7 Respon Transien <i>Sustained Oscillations</i> .....	III-9
Gambar III.8 Diagram Alir Proses Inisialisasi Operasional <i>Antechamber</i> .....	III-11
Gambar III.9 Diagram Alir Pengendalian Tekanan <i>Antechamber</i> .....	III-12
Gambar III.10 Rancangan Tampilan <i>Login User</i> .....	III-13
Gambar III.11 Rancangan Tampilan <i>Overview HMI</i> .....	III-14
Gambar III.12 Rancangan Tampilan Graph.....	III-14

Gambar IV.1 Konfigurasi CPU PLC Pada <i>Software</i> Haiwell Happy.....	IV-3
Gambar IV.2 Pembacaan <i>Pressure Sensor</i> .....	IV-4
Gambar IV.3 Pengaturan Output Katup Proportional .....	IV-4
Gambar IV.4 <i>Function Block</i> PID .....	IV-5
Gambar IV.5 PLC <i>Online Monitor</i> .....	IV-5
Gambar IV.6 <i>Component State Table</i> .....	IV-6
Gambar IV.7 Konfigurasi Awal Sistem HMI .....	IV-7
Gambar IV.8 <i>Menu Variable Manager</i> .....	IV-7
Gambar IV.9 <i>Device Manager Tool</i> .....	IV-8
Gambar IV.10 <i>Menu Online Simulation</i> .....	IV-8
Gambar IV.11 Tampilan <i>User Level Login</i> .....	IV-9
Gambar IV.12 Tampilan <i>Login</i> .....	IV-9
Gambar IV.13 Tampilan <i>Overview</i> .....	IV-10
Gambar IV.14 Tampilan Grafik .....	IV-11
Gambar IV.15 Grafik Regresi Linear Sensor Tekanan.....	IV-14
Gambar IV.16 Grafik <i>Error</i> Pada Sensor Tekanan .....	IV-16
Gambar IV.17 Grafik Deviasi <i>Pressure Sensor</i> .....	IV-17
Gambar IV.18 Grafik Regresi Linear Persentase <i>Proportional Valve</i> .....	IV-2
Gambar IV.19 Grafik Perbandingan Respon PID Tuning ZN-1 .....	IV-22
Gambar IV.20 Grafik Perbandingan Respon PID Tuning ZN-2.....	IV-24
Gambar IV.21 <i>Tune</i> PID MATLAB Simulink.....	IV-26
Gambar IV.22 Pengujian <i>Tune</i> PID MATLAB Simulink.....	IV-27

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1** Desain Mesin *Glove Box*

**Lampiran 2** *Antechamber Glove Box*

**Lampiran 3** Wiring Diagram Mesin *Glove Box*

**Lampiran 4** *Piping and Instrumentation Diagram*

**Lampiran 5** *Configuration Hardware PLC*

**Lampiran 6** Program PLC

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<p>AI = Analog <i>Input</i></p> <p>AQ = Analog <i>Output</i></p> <p><math>\rho</math> = Densitas Gas</p> <p>2R = Diameter Pipa</p> <p>HMI = <i>Human Machine Interface</i></p> <p>IP = <i>Internet Protocol</i></p> <p><math>n</math> = Jumlah Sampel</p> <p><math>K</math> = Konstanta Aliran</p> <p><math>T_d</math> = Konstanta <i>Derivatif</i></p> <p><math>T_i</math> = Konstanta <i>Integral</i></p> <p><math>K_p</math> = Konstanta <i>Proposional</i></p> <p><math>C_0</math> = Konstanta Termodinamik</p> <p><math>\tau_{cS}</math> = Konstanta Waktu <i>Chamber</i></p> <p><math>\tau_{vS}</math> = Konstanta Waktu <i>Valve</i></p> <p><math>\dot{m}</math> = Laju Aliran Massa</p> <p><math>Q</math> = Laju Aliran Volumetrik</p> <p><math>A_1</math> = Luas Inlet <i>Chamber</i></p> <p><math>A_2</math> = Luas <i>Orifice Valve</i></p> <p><math>m</math> = Massa Gas</p> <p>MAPE = <i>Mean Absolute Percentage Error</i></p>	<p>mbar = Milibar</p> <p><math>A_t</math> = Nilai Aktual</p> <p><math>K_c</math> = Nilai <i>Gain Chamber</i></p> <p><math>K_{cr}</math> = Nilai <i>Gain Kritis</i></p> <p><math>K_v</math> = Nilai <i>Gain Valve</i></p> <p><math>e(t)</math> = Nilai Kesalahan</p> <p><math>P_{cr}</math> = Nilai Periode Kritis</p> <p><math>F_t</math> = Nilai Perkiraan</p> <p>PV = Nilai Proses</p> <p>SV = Nilai <i>Setpoint</i></p> <p><math>u(t)</math> = Nilai Sinyal</p> <p><math>L</math> = Panjang Pipa</p> <p>PLC = <i>Programmable Logic Controller</i></p> <p>PID = <i>Proportional-Integral-Derivative</i></p> <p><math>\zeta</math> = Rasio Redaman</p> <p>RTU = <i>Remote Terminal Unit</i></p> <p><math>S</math> = Sampel</p> <p><math>T</math> = Suhu</p> <p><math>P_1</math> = Tekanan <i>Chamber</i></p> <p><math>P_2</math> = Tekanan Hisap</p> <p><math>R</math> = Tetapan Gas Umum</p> <p>TCP = <i>Transmission Control Protocol</i></p> <p><math>V</math> = Volume</p> <p>ZN = Ziegler-Nichols</p>
--	--

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan lingkungan yang terkontrol dan terisolasi semakin meningkat dalam dunia penelitian. Penggunaan *glove box* menjadi salah satu solusi dalam menciptakan lingkungan tersebut. *Glove box* merupakan suatu ruang khusus yang aman dan memiliki atmosfer terkontrol untuk menangani material yang sensitif terhadap air dan oksigen [1]. *Glove box* memungkinkan pengguna untuk melakukan pekerjaan tanpa takut terhadap kontaminasi dari atmosfer luar, baik itu dari gas berbahaya maupun partikel-partikel yang dapat mempengaruhi kualitas produk atau hasil percobaan [2]. Kebutuhan *glove box* terus meningkat terutama dalam industri kimia, untuk memeriksa bahan radioaktif, semikonduktor, obat-obatan, dan virus [3].

Terdapat dua ruangan utama pada *glove box*: ruangan pertama disebut *main chamber* yang berfungsi sebagai tempat aktivitas utama, dan ruangan kedua disebut *antechamber* sebagai tempat terisolasi untuk meminimalisir adanya kontaminasi dari lingkungan sekitar material dan sampel yang akan dimasukkan kedalam *main chamber* [4].

Antechamber pada mesin *glove box* dirancang sebagai ruang isolasi. Sistem yang umum digunakan pada ruang isolasi adalah sistem bertekanan negatif. Sistem ini menggunakan vakum untuk menarik udara kotor dari dalam ruang isolasi, sehingga udara dari luar dapat tersaring dan tidak masuk ke dalam *main chamber*. Tekanan yang tidak stabil juga dapat mengganggu proses kerja di dalam *glove box*. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian yang efektif untuk menjaga kondisi tetap optimal di dalam ruang tersebut [5], [6].

Penelitian serupa sebelumnya telah dilakukan terkait pentingnya pengendalian tekanan pada sebuah *chamber* untuk memenuhi kebutuhan ruang isolasi. Dalam sistem ini, udara di dalam *chamber* perlu dijaga agar tetap berada di bawah -0,05

mbar. Setelah dua menit waktu yang diperlukan untuk mencapai tekanan stabil, petugas medis dapat melakukan tindakan medis sederhana melalui sarung tangan yang terintegrasi pada dinding *chamber* [7]. Penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas ruang isolasi bertekanan negatif berbasis vakum bertekanan -130 mbar, mampu menciptakan aliran udara terkontrol dan mengurangi penyebaran partikel udara dengan waktu dekontaminasi selama 10 menit [8].

Sistem pengendalian tekanan pada *antechamber glove box* secara umum menggunakan mekanisme manual dalam bukaan katup sistem vakum saat *glove box* mulai dioperasikan. Penggunaan sistem manual dalam pengendalian tekanan *antechamber glove box* cenderung lebih sederhana. Namun, sistem manual ini memiliki risiko kebocoran saat bukaan katup terlalu cepat. Proses pengoperasian secara berulang-ulang bisa memakan banyak waktu dan sulit untuk mempertahankan tingkat kestabilan dalam waktu pengoperasian jangka panjang, terutama apabila terjadi perubahan tekanan pada lingkungan sekitar [9], [10].

Sistem pengendalian yang efisien dan responsif menjadi semakin dibutuhkan. Saat ini, sebagian besar sistem pengendalian masih bergantung pada metode konvensional. Meskipun metode tersebut efektif, sistem belum mampu memberikan fleksibilitas dalam menghadapi kondisi yang berubah-ubah. Penggunaan PID (*Proportional-Integral-Derivative*) dalam pengendalian sistem ini menjadi salah satu solusi. PID adalah metode kontrol yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena kemampuannya untuk memberikan respon yang cepat dan akurat terhadap perubahan kondisi [11].

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk meningkatkan stabilitas sistem sebagai pengembangan kontrol otomatis. Penelitian ini akan mencakup analisis mengenai desain sistem pengendalian tekanan secara otomatis, serta pengujian untuk memastikan bahwa sistem tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam penggunaan *glove box*. Implementasi PID (*Proportional-Integral-Derivative*) diharapkan dapat mengatur respon sistem untuk mendapatkan stabilitas yang lebih baik dalam menjaga atmosfer di dalam *antechamber* tetap bersih dan tidak terkontaminasi oleh atmosfer luar.

## I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, didapat rumusan masalah penelitian antara lain:

1. Bagaimana membaca dan mengatur tekanan dalam *antechamber* mesin *glove box* menggunakan sensor tekanan?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan sistem kendali PID terhadap stabilitas tekanan pada *antechamber* mesin *glove box*?
3. Bagaimana mengetahui perbandingan respon sistem pada simulasi dengan hasil eksperimen pada *plant*?

## I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan untuk sistem pengendalian yaitu tekanan.
2. Metode PID (*Proportional-Integral-Derivative*) digunakan dalam pengendalian *proportional valve* untuk membuka atau menutup laju aliran vakum.
3. Penggunaan sensor tekanan sebagai sensor utama pada *antechamber* mesin *glove box*.
4. Membuat antarmuka menggunakan aplikasi Haiwell Cloud SCADA dan mampu menampilkan data sensor yang digunakan.
5. Tidak membahas desain fisik *glove box*, tetapi akan berfokus pada sistem pengendalian tekanan pada *antechamber*.
6. Sistem pengendalian tidak akan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal seperti dampak kesalahan pengguna dalam pengoperasian *glove box*.

## I.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini memiliki tujuan yang ingin dicapai seperti:

1. Mengimplementasikan sistem kendali PID yang efektif untuk mengatur tekanan di dalam *antechamber* mesin *glove box*.
2. Menguji kinerja sistem kendali PID dalam menghadapi perubahan tekanan.
3. Mengevaluasi efektivitas kinerja sistem kendali PID dalam menghadapi perubahan tekanan.

Manfaat dilaksanakan penelitian ini antara lain seperti berikut:

1. Meningkatkan keamanan pengguna dan material dengan menjaga kondisi lingkungan yang terisolasi dan terkendali.
2. Memberikan efisiensi operasional pada pengguna saat pengoperasian mesin *glove box*.
3. Membantu meminimalkan dampak negatif terhadap penanganan material berbahaya atau beracun.

### **I.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika proposal 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 uraian rinci tentang metode dan langkah-langkah penyelesaian masalah, bahan atau materi TA, alat yang digunakan, rancangan sistem, variabel TA, dan metode pengambilan data atau metoda analisis hasil.

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

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian lebih lanjut