

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Teknologi otomasi dan robotika mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir. Penerapan teknologi otomasi dan robotika bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta kualitas terhadap suatu proses penelitian dalam berbagai bidang keilmuan [1]. Salah satu penerapan otomasi dan robotika mulai digunakan untuk mendukung kinerja penelitian pada bidang kesehatan seperti biologi molekuler, pengujian obat, dan pengembangan vaksin [2], [3]. Dalam penelitian yang memerlukan analisis berulang-ulang, otomasi dapat memberikan hasil yang lebih konsisten dan akurat sehingga memungkinkan peneliti untuk mendapatkan data yang andal dan meyakinkan. Hal ini membuat sistem manual yang ada mulai beralih menjadi sistem otomatis [4]. Penerapan otomasi dan robotika dalam mendukung penelitian dibidang kesehatan dilatarbelakangi oleh kebutuhan para peneliti dalam melakukan tugas-tugas spesifik dan repetitif di laboratorium menjadi otomatis [5].

Dewasa ini pemanfaatan otomasi dan robotika di laboratorium didukung oleh perkembangan robot *Liquid handling system* (LHS). Robot LHS dirancang khusus untuk melakukan proses manipulasi cairan di laboratorium seperti pipetasi, transfer cairan, pencampuran, pengenceran, dan lainnya. Robot ini dapat mengambil dan memindahkan cairan dalam volume mikroliter hingga nanoliter dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi. Robot ini dilengkapi perangkat pengambilan dan pemindahan cairan, serta kontroler untuk mengatur gerakan robot dan aliran cairan [5]. Kemampuan robot ini dalam penanganan cairan di laboratorium dapat meningkatkan efisiensi pemrosesan sampel dan mengurangi biaya reagen. Namun, tantangan dari pengoperasian robot LHS ada pada pengontrolan posisi lengan robot. Pengontrolan posisi penting untuk meningkatkan akurasi dan kepresisian gerakan robot saat mengambil dan menempatkan cairan. Perangkat mekanis pada robot harus berfungsi dengan tepat tanpa pergeseran yang tidak diinginkan. Setiap pergeseran atau ketidakpresisian kecil dapat menyebabkan perbedaan volume cairan yang signifikan dan berdampak pada hasil eksperimen.

Sebelumnya telah dilakukan pengembangan terhadap robot LHS oleh Muhammad Alief (2022) [6]. Robot ini menggunakan tiga pasang sumbu gerak linear, yaitu sumbu X, Y, dan Z yang disusun dengan konfigurasi gantry tiga dimensi (*3-Dimensional Gantry*). Sumbu X, Y, dan Z disusun untuk saling terhubung satu sama lain dan diselaraskan secara tegak lurus [7]. Pasangan sumbu Y ( $Y_1$  dan  $Y_2$ ) digabungkan menjadi satu menggunakan *mounting adapter* sehingga kedua ujung sumbu Y terhubung secara mekanis pada kedua sumbu X ( $X_1$  dan  $X_2$ ). Kemudian kedua sumbu Z ( $Z_1$  dan  $Z_2$ ) terpasang pada masing-masing sumbu Y. Ketiga sumbu gerak ini melakukan gerakan yang dikoordinasikan untuk melakukan

tugas-tugas penanganan cairan. Konfigurasi gantry memiliki ukuran besar dan memerlukan motor berdaya tinggi karena satu tahap linier selalu perlu membawa tahap lainnya yang menyebabkan kecepatan sistem ini menjadi rendah [7]. Selain itu kelemahan dari sistem ini terdapat pada ketidakpastian posisi *end-effector* saat bergerak terutama dengan kecepatan tinggi karena adanya faktor mekanis ataupun efek dinamis pada sumbu gerak [7–9]. Faktor mekanis dapat berupa ketidaksempurnaan dan keausan komponen sementara efek dinamis dapat berupa getaran, gesekan, inersia, dan lain-lain. Gesekan dapat berdampak signifikan pada sistem karena menyebabkan non-linearitas yang mempengaruhi akurasi dan perulangan gerakan. Dimana seiring berjalannya waktu gesekan dapat menyebabkan gerakan yang tertunda dan mengurangi akurasi dan presisi posisi. Pada sistem gantry dengan dua sumbu gerak paralel seperti yang digunakan pada penelitian ini, hal seperti gesekan mengakibatkan posisi lengan robot kurang akurat dan menyebabkan perbedaan posisi antara kedua sumbu  $X_1$  dan  $X_2$ . Perbedaan posisi antar sumbu dapat mengakibatkan kerusakan pada sumbu gerak karena kedua sumbu  $X$  terhubung secara mekanik satu dengan yang lain [6].

Berdasarkan penelitian tersebut, konsistensi posisi aktual terhadap posisi target aktuator pada sumbu  $X$  berpengaruh terhadap selisih (*error*) posisi [6]. Percobaan telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan gerakan robot sebanyak 10 siklus kerja pada beberapa target posisi. Berdasarkan percobaan tersebut, dalam 10 siklus kerja terdapat perbedaan antara nilai posisi kedua sumbu  $X_1$  dan  $X_2$  terhadap posisi target pada siklus pertama hingga kesepuluh dengan nilai selisih yang semakin besar. Metoda yang diterapkan saat ini memberikan kelemahan karena akurasi posisi lengan robot menurun seiring kenaikan koordinat posisi target dari titik nol sehingga selisih posisi sumbu  $X_1$  dan  $X_2$  semakin besar. Selain itu siklus kerja robot juga mempengaruhi selisih posisi dimana semakin banyak siklus kerja yang dilakukan oleh robot maka selisih posisi sumbu  $X_1$  dan  $X_2$  juga semakin besar seiring waktu. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan sebuah sistem kontrol untuk meningkatkan akurasi posisi dan kepresisian gerakan pada sumbu  $X$  untuk diimplementasikan pada robot LHS. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan akurasi posisi pada robot dengan konfigurasi gantry tiga dimensi seperti kontrol *closed-loop* dengan PID, nonlinier PID, dan kontrol perolehan adaptive tingkat tinggi atau high level adaptive gain control.

Penelitian terkait yang dilakukan oleh Zaki, dkk [8] dengan judul “*Nonlinear control of a belt driven two-axis positioning system*” membahas mengenai kontrol nonlinier dari sistem penentuan posisi dua sumbu yang digerakkan oleh belt. Selanjutnya adalah penelitian Phanomchoeng, G. [10] dalam artikel yang berjudul “*Adaptive gain control for a two-axis, h-frame-type, positioning system*” membahas mengenai kontrol penguatan adaptif untuk sistem pemosisian dua sumbu, tipe h-frame. Namun, penerapan sistem kontrol yang digunakan pada penelitian tersebut tergolong kompleks.

Pengembangan dalam mencari solusi penggunaan sistem kontrol yang lebih sederhana sudah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Berikut merupakan beberapa penelitian yang telah menerapkan solusi penggunaan sistem kontrol yang lebih sederhana:

- a. Sollmann, dkk [7] melakukan penelitian dengan judul “*Dynamic modeling of a two-axis, parallel, H-frame-type XY positioning system*”. Penelitian ini menggunakan sistem kontrol *closed-loop* dengan PID sebagai solusi penggunaan sistem kontrolnya. Hasilnya, secara keseluruhan sistem kontrol ini dapat meningkatkan akurasi H-bot.
- b. Sollmann, K.S [9] telah melakukan penelitian dengan judul “*Modeling, simulation, and control of a belt driven, parallel H-frame type two axis positioning system*”. Sistem kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem kontrol *closed-loop* dengan PID. Hasilnya, secara keseluruhan sistem kontrol ini dapat meningkatkan akurasi H-bot.

Berdasarkan dua penelitian di atas maka penelitian yang akan dilakukan merupakan penerapan sistem kontrol *closed-loop* dengan PID pada robot *liquid handling system* untuk meningkatkan akurasi posisi. Sistem kontrol ini banyak digunakan secara luas di industri karena keandalannya dalam pengontrolan sistem [11]. Sistem *closed-loop* dengan PID yang digunakan nantinya berfungsi memperbaiki *error* agar robot LHS dapat bergerak secara otomatis menuju posisi yang diinginkan [12]. Kontrol PID yang dirancang dapat bekerja dengan membandingkan antara nilai *setpoint* dengan nilai aktual posisi sumbu X robot sehingga menghasilkan sinyal kontrol umpan balik untuk mengoreksi pergerakan robot sehingga mencapai *setpoint* yang diinginkan [13]. Peningkatan akurasi pada robot LHS berkontribusi pada kualitas dan validitas penelitian di laboratorium.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan jabaran dari latar belakang dan batasan masalah di atas, maka penulis merumuskan beberapa masalah, diantaranya:

1. Bagaimana mengimplementasikan pengendali PID pada sumbu X robot *Liquid handling system*?
2. Seberapa akurat dan presisi kinerja pergerakan sumbu X robot *Liquid handling system* dengan dan tanpa pengendali PID?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengujian terhadap keakuratan posisi dan kepresisian pergerakan sumbu X robot *Liquid handling system* dengan dan tanpa pengendali PID.
2. Membandingkan hasil akurasi dan presisi kinerja pergerakan sumbu X robot *Liquid handling system* dengan dan tanpa kendali PID.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan kontrol PID untuk meningkatkan akurasi pengendalian posisi sumbu X robot *Liquid handling station*.
2. Penelitian ini berfokus pada penggunaan kontrol PID sebagai metode utama untuk mengendalikan posisi robot *Liquid handling station* dan tidak membahas metode kontrol lainnya.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah mengimplementasikan kendali PID dan membuktikan bahwa penggunaan kendali PID pada sumbu X robot *Liquid handling system* dapat meningkatkan akurasi posisi pergerakan robot *Liquid handling system*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini ditulis berdasarkan sistematika sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi pembahasan tentang teori dasar pendukung pada penelitian ini.

##### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan peralatan, data yang digunakan, dan pengolahan data pada penelitian ini.

