

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sistem kontrol merupakan salah satu pilar otomatisasi yang telah memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap perkembangan industri modern. Sistem kontrol pada umumnya berfungsi untuk menentukan variabel-variabel proses, baik proses kontinu ataupun proses yang berlangsung sementara dengan interval pendek. Pengontrolan menggunakan hasil perbandingan sebagai dasar intervensi dalam proses yang dikontrol, sehingga memastikan bahwa saat keadaan mantap variabel proses sejalan dengan nilai yang ditetapkan[1].

Pendulum terbalik (*inverted pendulum*) merupakan salah satu sistem yang sering digunakan sebagai standar dan fokus fundamental dalam penerapan teori dan sistem kontrol lingkaran tertutup, karena pendulum terbalik memiliki karakteristik sistem yang tidak linear dan tidak stabil. *Inverted Pendulum* adalah sistem nonlinear yang khas karena persamaan dinamis dari *Inverted Pendulum* terdiri dari istilah non-linear. Model sistem biasanya dilinierisasi dalam kontrol nyata. Ketidakstabilan pendulum terbalik harus diatur sedemikian rupa agar pendulum mampu tegak dan stabil[2]. Oleh karena itu pendulum terbalik banyak digunakan sebagai alat dalam pengujian sistem kontrol. Aplikasi pendulum terbalik yang sering digunakan dalam penelitian adalah pada *rotary inverted pendulum*, *cart inverted pendulum*, dan *double inverted pendulum*[3]–[5].

Salah satu jenis pendulum terbalik, yaitu *rotary inverted pendulum* atau yang biasa dikenal dengan pendulum terbalik dengan lintasan rotasional. *Rotary inverted pendulum* sering diaplikasikan pada analisis pengendali untuk menggambarkan analisis dalam kasus-kasus seperti kontrol pada mesin roket, satelit, sistem kestabilan pada proses *landing* pesawat dan *turbulensi* udara pesawat tanpa awak, serta stabilisasi kabin kapal [6]. Ketika suatu proses dijalankan secara otomatis, penggunaan kontroler akan sangat penting. Tanpa pengendali variabel-variabel yang diproses akan menyimpang dari nilai yang telah ditetapkan. Pada kasus pendulum terbalik, pendulum harus stabil meskipun berada pada posisi digantung dan tetap seimbang walaupun digerakkan ke arah berlawanan[7]. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan sebuah perancangan sistem kontrol agar pendulum terbalik

tetap seimbang dalam posisi vertikal walaupun nilai sudut lengan porosnya mengalami perubahan. Pendulum normal memiliki pusat gravitasi di bagian bawah poros rotasi, sehingga pendulum akan stabil jika menggantung mengarah ke bawah. Pada *rotary inverted pendulum* titik beratnya berada di atas titik tumpunya, sehingga masalah yang muncul adalah cara mengendalikan *rotary inverted pendulum* agar tetap stabil jika di arahkan menggantung ke atas[8].

Agar *inverted pendulum* tetap bisa tegak, pendulum harus secara aktif dikendalikan menggunakan pengendali dengan salah satu cara yaitu menggerakkan lengan pendulum secara rotasional dengan menggunakan sistem kendali lingkaran tertutup [9]. Kondisi yang dikendalikan dari *rotary inverted pendulum* adalah pendulum mampu melakukan *swing-up control*, yaitu pendulum mengayun dari posisi stabil ke posisi tegak yang tidak stabil. Selanjutnya pendulum mampu melakukan *stabilization control*, yaitu kondisi pendulum mampu menyeimbangkan dirinya ketika berada dalam posisi tegak dan dapat mengatur posisi sudut lengan dari *rotary inverted pendulum* agar sesuai dengan nilai yang diinginkan [10]. Sehingga pemberian pengendali atau kontroler pada pendulum mampu mengendalikan pendulum agar mampu berputar ke tingkat derajat tertentu dan berhenti pada posisi tegak menggantung ke atas dengan kondisi seimbang dalam jangka waktu tertentu. Hal lain yang dapat dikendalikan dari *rotary inverted pendulum* adalah posisi dari lengan yang menjadi poros dari pendulum itu sendiri, posisi lengan ini diatur dengan tetap menjaga posisi pendulum berada dalam keadaan tegak.

Pada penelitian tugas akhir ini pengendali yang digunakan adalah pengendali *proportional integral derivative* (PID). Pengendali PID memanipulasi nilai keluaran seperti nilai pada saat waktu peralihan dan nilai pada saat keadaan mantap (*steady state*) melalui pengaturan sinyal masukan yang akan diberikan kepada penggerak (*aktuator*) pada suatu sistem kendali [11]. Oleh karena itu pengendali PID dapat digunakan untuk mengendalikan sistem *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan, yaitu pengendali PID dapat menjaga pendulum dalam keadaan stabil pada posisi yang tegak lurus serta mengatur posisi sudut lengannya sesuai dengan yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penerapan *rotary inverted pendulum* yaitu:

1. Bagaimana merancang bagian mekanik dan elektrik dari sistem *rotary inverted pendulum*.
2. Bagaimana menerapkan pengendali *proportional integral derivative* (PID) terhadap pengendalian posisi batang pendulum dan lengan *rotary inverted pendulum*.
3. Bagaimana menentukan nilai konstanta pengendali *proportional, integral dan derivative* (PID) untuk pengendali posisi batang pendulum dan lengan *rotary inverted pendulum*.
4. Bagaimana hasil atau kinerja dari pengendali *proportional integral derivative* (PID) terhadap sistem *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah

1. Merancang bagian mekanik dan elektrik pada *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
2. Menentukan dan menerapkan nilai konstanta pengendali *proportional integral derivative* (PID) yang dapat digunakan untuk menstabilkan sistem *rotary inverted pendulum* pada kedua derajat kebebasannya.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini diantaranya:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai contoh penggunaan dari pengendali *proportional integral derivative* (PID) pada suatu sistem kendali.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai pedoman untuk merancang dan menerapkan pengendali *proportional integral derivative* (PID) pada sistem *inverted pendulum*.

3. Melalui penelitian ini pengendali *proportional integral derivative* (PID) dapat dirancang dan digunakan serta dapat diperbaiki untuk dapat memperoleh sistem *rotary inverted pendulum* yang lebih baik.
4. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk perancangan pengendalian *proportional integral derivative* (PID) untuk sistem lain yang sulit untuk distabilkan.

### **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki batasan masalah agar pembahasan tidak keluar dari topik. Adapun batasan masalah yang akan diangkat:

1. Pada tugas akhir ini dirancang pengendali *proportional integral derivative* (PID) pada *rotary inverted pendulum* berdasarkan waktu naik, lewatan maksimum dan waktu keadaan mantap yang dirancang.
2. pengendali *proportional integral derivative* (PID) yang dirancang dapat beroperasi pada posisi yang telah ditentukan.
3. Pengendali *proportional integral derivative* (PID) diterapkan dengan bantuan perangkat lunak Arduino dan dirancang serta di simulasikan melalui perangkat lunak Matlab.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan adalah langkah langkah dalam pembuatan tugas akhir. Tujuannya adalah untuk mempermudah dan memperjelas penyampaian informasi dan pembahasan masalah, dengan susunan sebagai berikut:

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

Pendahuluan berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

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

Tinjauan pustaka yang berisi teori dasar yang mendukung penelitian.

#### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi Penelitian berisikan tentang langkah-langkah beserta penjelasan mengenai penelitian yang dilakukan.

#### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan Pembahasan ini berisikan analisa dan penelitian ini.

#### **BAB V : PENUTUP**

Penutup berisikan beberapa kesimpulan dan saran yang bisa ditarik dan disampaikan yang didasari dari hasil dan pembahasan penelitian ini.

