

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dalam bidang robotika sistem kontrol berkembang sangat pesat. Pengontrolan diatur sedemikian rupa agar dapat berfungsi dengan baik. Sistem kontrol terbagi dua, yaitu *open loop* (loop terbuka) dan *close loop* (loop tertutup). Pada loop terbuka keluaran pada sistem tidak berpengaruh terhadap aksi pengontrolan. Sistem loop tertutup hampir sama dengan sistem loop terbuka, namun keluaran pada sistem loop tertutup berpengaruh langsung terhadap aksi pengontrolan. Hal ini dikarenakan umpan balik (*feedback*) dari hasil keluaran dapat kembali menuju masukan[1].

Pendulum terbalik merupakan sebuah sistem dinamis, nonlinear, dan tidak stabil. Sebuah mekanisme pengendali dibutuhkan untuk mengatur masalah kestabilan[2]. Pendulum terbalik juga dikenal untuk uji coba pengontrolan karna sifatnya yang non linear dan tidak stabil. Pendulum terbalik terdiri dari lengan dan sebuah pendulum yang akan terjatuh akibat gaya gravitasi bumi. Pendulum terbalik dapat dikatakan stabil apabila pendulum dapat berdiri seimbang ke atas atau titik berat berada di atas titik tumpunya[3]. Prinsip dari pendulum terbalik ini dapat di aplikasikan pada peluncuran roket, *autopilot* pesawat terbang, *balancing robot*, dan *Segway*. Sistem kontrol pada pendulum terbalik ini juga harus memiliki peredaman yang baik dan memperkecil kesalahan.

Pendulum terbalik dengan lintasan lingkaran biasanya disebut juga sebagai *rotary inverted pendulum*. *Rotary inverted pendulum* memerlukan pengendalian agar dapat stabil. Pengendalian pada *rotary inverted pendulum* ada tiga, yaitu ayunan pendulum (*swing-up*), pelacakan lintasan pendulum terbalik (*tracking*) dan stabilisasi pendulum terbalik. *Swing up* adalah mengubah posisi pendulum dari posisi bawah ke posisi atas dengan menggerakkan pendulum secara rotasional. *Tracking* merupakan proses menempatkan posisi pendulum pada titik referensi tertentu bersamaan dengan keseimbangan pendulum. Sedangkan stabilisasi adalah mempertahankan posisi pendulum tetap berada di atas. Pengontrolan yang berkembang pada saat sekarang ini adalah stabilisasi pendulum terbalik. Pengontrolan *rotary inverted pendulum* dapat dilakukan dengan cara menggerakkan

lengan secara rotasional agar pendulum dapat tegak lurus terhadap lengan. Lintasan berbentuk lingkaran digunakan agar menghilangkan batasan lintasan yang dilalui pendulum terbalik[3]. Pengontrolan stabilisasi pendulum ini sama seperti saat seseorang menyeimbangkan sapu pada ujung jari-jarinya.

Sistem *rotary inverted pendulum* terdiri dari dua buah pendulum, yaitu *vertical pendulum* dan *horizontal arm* atau lengan Pendulum. Lengan pendulum terhubung dengan motor, sedangkan ujungnya terhubung dengan *vertical pendulum*. Pusat massa sistem *rotary inverted pendulum* ini terletak pada ujung dari lengan pendulum karena adanya pendulum yang diletakkan pada ujungnya[4]. Penelitian dilakukan untuk mengatur posisi lengan pendulum atau sudut theta ( $\theta$ ) dan juga posisi pendulum atau sudut alfa ( $\alpha$ ) agar dapat stabil. Sistem ini juga disebut sebagai *rotary inverted pendulum 2 Dof* ( *Degree of Freedom*) atau dua derajat kebebasan.

Kontroler proporsional derivative (PD) merupakan kontroler yang memiliki keluaran yang dipengaruhi oleh masukan. Kontroler PD merupakan gabungan antara pengendali proporsional (P) dengan derivative (D). Kontroler proporsional sendiri berfungsi sebagai penguat dan pengendali derivative (D) dapat mengoreksi nilai kesalahan dan meningkatkan kestabilan. Kontroler yang diberikan pada sistem nonlinear dirancang menggunakan model ruang keadaan linear. *Rotary inverted pendulum* perlu dikendalikan agar pendulum tidak jatuh kebawah karena adanya gaya gravitasi. Pada penelitian *rotary inverted pendulum* dengan satu derajat kebebasan sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Thywoo K. Didapatkan nilai konstanta proporsional yang terbaik yaitu 1,3 dan 1,4683[5]. Penelitian *rotary inverted pendulum* juga dilakukan oleh Zahrah El-Azami menggunakan pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) dengan penguatan K untuk sudut *alpha* sebesar 140,5024, pendulum dapat tegak selama 3,7212 detik[6]. Selain itu penelitian ini juga dilakukan oleh Arsy Noorsal menggunakan pengendali Proporsional Integral Derivative (PID) dengan nilai  $K_p= 130$ ,  $K_i=60$  dan  $K_d= 5$  didapatkan sistem bertahan selama 4.1 detik[7]. Pada penelitian tugas akhir ini akan digunakan pendendali Proporsional Derrivative (PD) agar pendulum tetap berdiri tegak dengan posisi sudut yang sama. Penelitian ini menganalisa tentang desain kontroler proporsional agar pergerakan *rotary inverted pendulum* stabil.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem mekanik dan sistem elektrikal dari *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
2. Bagaimana pengaruh kontroler proporsional (P) terhadap *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
3. Bagaimana pengaruh kontroler proporsional derivative (PD) terhadap *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
4. Berapa waktu respon kontroler proporsional derivative (PD) untuk mencapai kestabilan *rotary inverted pendulum*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari dari tugas akhir ini adalah:

1. Dapat merancang sistem mekanik dan sistem elektrikal dari *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
2. Merancang pengendali proporsional derivative (PD) yang mampu bekerja dalam menentukan keseimbangan pada *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan.
3. Menentukan nilai konstanta pengendali proporsional derivative (PD) terhadap *rotary inverted pendulum* dengan dua derajat kebebasan yang dapat menstabilkan sistem.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini diantaranya:

1. Tugas akhir ini dapat memberikan gambaran tentang konsep dasar perancangan kontroler proporsional derivative (PD) pada *rotary inverted pendulum*.
2. Penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pengembangan pengendali pada *rotary inverted pendulum* sehingga kedepannya dapat dikembangkan pengendali proporsional derivative (PD) yang memiliki kinerja yang lebih baik.

3. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat dicoba untuk menerapkan pengendali proporsional derivative (PD) untuk stabilitas pada *plant* yang lain.

### **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 kontroler proporsional derivative (PD) pada *rotary inverted pendulum* berdasarkan waktu naik dan waktu keadaan mantap yang telah dirancang.
2. Kontroler dapat beroperasi pada posisi yang telah ditentukan.
3. Kontroler proporsional derivative (PD) dirancang dan disimulasikan dengan bantuan perangkat lunak Arduino dan 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, 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.