

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Sistem kendali memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari. Tanpa adanya sistem kendali maka suatu sistem dapat memberikan kinerja yang tidak diinginkan. Baik-buruknya kinerja suatu sistem dapat dilihat dari kestabilan sistem tersebut. Kestabilan suatu sistem dapat dipelajari pada model pendulum terbalik. Pendulum terbalik adalah representasi matematis dari suatu sistem yang tidak stabil. Salah satu model pendulum terbalik terdiri atas dua komponen yaitu kereta atau *cart* dan pendulum. Tanpa adanya kendali, pendulum akan terus jatuh karena sistem tidak stabil. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengendali untuk mengendalikan model pendulum terbalik.

Salah satu metode untuk mengendalikan pendulum terbalik adalah dengan metode *Linear Quadratic Regulator (LQR)*. *LQR* adalah metode kendali optimal yang menghasilkan output *robust* sementara mempertimbangkan state dari sistem tidak stabil. Hasil dari *LQR* adalah *gain*  $K$  yang dapat digunakan sebagai umpan balik sistem. Untuk menggunakan kendali *LQR* diberi asumsi semua state tersedia untuk umpan balik dan dapat diukur oleh sensor. Namun pada prakteknya, sensor sudut dan kecepatan sudut memiliki banyak *noise* sehingga diperlukan estimator untuk mengestimasi variabel tersebut.

*Linear Quadratic Gaussian (LQG)* adalah *LQR* dengan penambahan estimator yang optimal berupa *Kalman filter*. *Kalman filter* digunakan untuk mengurangi noise pengukuran dan proses. Hasil dari *LQG* adalah *gain*  $L$  yang digunakan sebagai umpan balik sistem. Dengan menggunakan *LQG*, posisi kereta dan sudut pendulum dari model pendulum terbalik dapat dikendalikan.

Selain *LQG*, terdapat metode lain untuk mengendalikan pendulum terbalik seperti *fuzzy logic control*, *PID control*, dan *pole placement*. Pada penelitian berjudul "*LQG Control Design for Balancing an Inverted Pendulum Mobile Robot*" dirancang sebuah robot pendulum terbalik dengan pengendali *LQR* dan observer [1]. Observer didesain menggunakan metode *pole placement*. Hasil dari penelitian

ini adalah *rise time* sebesar 0,5 sekon, *settling time* 4 sekon, dan *maximum overshoot* 10 derajat (0,175 radian) .

Penelitian berjudul “*Modeling, Identification and Control of Cart-Pole System*” merancang pengendali pendulum terbalik menggunakan metode Fuzzy dan PID [2]. Input yang digunakan untuk mengendalikan pendulum ini posisi *cart*, kecepatan *cart*, sudut pendulum, dan kecepatan sudut pendulum. output dari pengendali adalah gaya penyeimbang roda *cart*. Gaya penyeimbang dikalkulasi dari nilai *error* keempat *state* sistem. Hasil dari penelitian ini adalah *rise time* sebesar 0,25 sekon, *settling time* 0,27 sekon, dan *maximum overshoot* 15 derajat (0,265 radian).

Penelitian berjudul “Rancang Bangun Stabilisasi Sistem Pendulum Terbalik Berbasis Pengendali PID” merancang dan mengimplementasikan pengendali PID untuk stabilisasi rancang bangun sistem pendulum terbalik [3]. Pada perancangan pengendali didapat konstanta-konstanta PID yaitu  $K_{px} = -25,05$ ,  $K_{ix} = 2,89$ ,  $K_{dx} = -4 \times 10^{-7}$ ,  $K_{p\theta} = 115,5$ ,  $K_{i\theta} = 7161,86$ ,  $K_{d\theta} = 3 \times 10^{-6}$ . Hasil dari penelitian ini adalah *rise time* sebesar 3,2 sekon, *settling time* 4 sekon, dan *maximum overshoot* 6 derajat (0,102 radian).

Pada penelitian sebelumnya sudah ada pengendali pendulum terbalik menggunakan LQG , namun belum adanya visualisasi model sistem. oleh karena itu , pada tugas akhir ini penulis akan membuat desain, visualisasi dan simulasi kendali LQG pada model pendulum terbalik.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka dapat dirumuskan masalah diantaranya:

1. Bagaimana merancang desain kontroler LQG pada sistem pendulum terbalik ?
2. Bagaimana visualisasi dan simulasi kestabilan model pendulum terbalik ?

### 1.3. Tujuan dan Manfaat

Dari rumusan masalah diatas maka terdapat tujuan sebagai berikut

1. Merancang posisi desain kendali *LQG* pada sistem pendulum terbalik menggunakan *Simmechanics*.
2. Visualisasi serta simulasi kestabilan model pendulum terbalik menggunakan *Simmechanics* dan *blender*.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menghasilkan desain kendali *LQG* pada sistem pendulum terbalik.
2. Dapat memvisualisasikan serta simulasi kestabilan model pendulum terbalik.

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Prototype sistem hanya berupa simulasi.
2. Gaya gravitasi sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$  berlaku pada domain  $Z$ .
3. Massa dari *cart* sebesar  $2,4 \text{ kg}$  , massa batang pendulum sebesar  $0,23 \text{ kg}$ .
4. Koefisien gaya gesek *cart* terhadap lantai bernilai  $0,05 \text{ Ns/m}$ .
5. Panjang batang pendulum  $0,36 \text{ m}$ .
6. Momen inersia pendulum sebesar  $0,099 \text{ kgm}^2$
7. Desain dari sistem dan pengendali menggunakan *m-file* pada perangkat lunak *MATLAB 2018a* dan *blender 3.6*.

### 1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut

#### 1.Studi Literatur

Pada tugas akhir ini, perancangan, pengumpulan, dan pembelajaran menggunakan buku jurnal, dan media elektronik untuk mengetahui teori-teori dasar yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

## 2. Analisis Masalah

Menganalisa permasalahan berdasarkan sumber-sumber untuk proses memecahkan masalah dalam bagian-bagian yang saling berkaitan.

## 3. Perancangan Sistem

Merancang sistem diperlukan alur yang terstruktur dengan baik, untuk memahami proses sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang ditentukan.

## 4. Implementasi dan Pengujian

Tahap ini dilakukan implementasi penerapan sistemnya dan dilakukan pengujian kestabilan sistem terhadap gangguan.

## 5. Dokumentasi

Mengumpulkan data-data referensi dan aktifitas yang ada dalam mengerjakan tugas akhir.

## 6. Penyusunan Laporan

Menyusun laporan dengan tahapan yang sudah dilakukan .