

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada harga (*range*) tertentu (**Pakpahan, 1994**). Sistem kontrol merupakan sebuah sistem yang terdiri atas satu atau beberapa peralatan yang berfungsi untuk mengendalikan sistem lain yang berhubungan dengan sebuah proses. Sistem kontrol memegang peran yang sangat penting di setiap rancang bangun teknologi, dalam bentuk teknik, industri, olahraga maupun pendidikan. Proses sistem dapat dikontrol dengan membuat model matematis yang menghubungkan antara masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Terdapat banyak sistem kontrol yang banyak manfaatnya seperti *Inverted Pendulum*, *Magnetic Levitation*, *Ball and Beam System*, dan *Ball and Plate System*. *Ball and Plate System* adalah versi yang ditingkatkan dari *Ball and Beam System* di mana posisi bola dapat dimanipulasi dalam dua arah (**Dušek dkk., 2017**).

Ball and Plate System merupakan pengembangan dari *Ball and Beam System* yang sudah dijelaskan pada kalimat akhir pada paragraf sebelumnya. Dalam sistem ini, bola diseimbangkan di atas plat datar dengan posisi tertentu. Plat datar dimanipulasi dalam dua arah tegak lurus (sumbu-x dan sumbu-y). Untuk menemukan posisi bola di plat datar digunakan panel sensor layar sentuh, sedangkan sebagai pengontrol gerak bola digunakan Arduino Atmega 2560 dan aktuator menggunakan servo motor. Ketika gangguan diberikan kepada bola, panel sensor layar sentuh menghasilkan perubahan resistansi tergantung pada posisi bola dan pengontrol memberikan sinyal ke servo motor untuk mengatur bola di posisi yang diinginkan. Perbedaan antara kedua sistem tersebut adalah pada *Ball and Beam System* memiliki dua derajat kebebasan sedangkan *Ball and Plate System* memiliki empat derajat kebebasan dengan bola yang bisa bergulir dengan bebas di atas plat datar (**Kumar dkk., 2016**).

Model matematika merupakan alat bantu untuk analisis dan desain sistem kontrol seperti sistem mekanika, elektronika, fluida dan termodinamika. *Ball and Plate System* adalah salah satu contoh sistem mekanik dan sistem pengendalian

untuk mengarahkan bola yang ada di atas plat datar sesuai dengan pola gerakan yang diinginkan tanpa menjatuhkan bola (**Mujadin dan Astharini, 2016**). Model matematika *Ball and Plate System* yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada jurnal yang ditulis oleh **Kassem dkk. (2015)** dan **Morales dkk. (2017)**. Model matematika ini termasuk dalam persamaan diferensial *non linear* orde 2. Permasalahan kontrol yang umum pada *Ball and Plate System* adalah *regulator* dan *tracking*. Masalah *regulator* adalah menstabilkan sistem (menjaga kestabilan dari bola dengan plat datar agar bola tidak jatuh dan plat datar berdiri dengan tegak pada sudut 0 radian) dengan variabel/output agar tetap kecil. Sedangkan *Tracking* adalah usaha untuk mengontrol respons dari sistem agar bergerak mengikuti sinyal referensi yang diberikan dengan tetap melakukan stabilisasi dan keadaannya dalam batas-batas tertentu (**Dušek dkk., 2017**).

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, *Ball and Plate System* dikaji dalam berbagai model matematika dan ditinjau dari banyak segi pembahasan. Dalam segi kontrol optimal, beberapa peneliti yang mengkaji mengenai *Ball and Plate System* dalam bidang matematika di antaranya **Kassem dkk. (2015)** menggunakan empat metode Kontrol sistem : *Classical Controller PID*, *Linear Quadratic Regulator (LQR)*, *Sliding Mode Controller* and *Fuzzy Controller*, yang dirancang dan dievaluasi dalam pelacakan statis dan dinamis pada *Ball and Plate System* di mana plat datar dipasang pada *Stewart Platform*. **Knuplez dkk. (2004)** telah membahas mengenai desain kontrol *Ball and Plate System* berdasarkan teori kontrol klasik dan modern. **Bai dkk. (2006)** menggunakan *Fuzzy Controller* untuk kontrol gerak dari sistem termasuk permasalahan set poin dan *tracking*. Penggunaan *State observer* digunakan di **Wang dkk. (2008)** untuk mengestimasi kecepatan bola, sedangkan posisi bola diatur dengan menggunakan *Double-Loop Feedback Control* di **Wang dkk. (2008)**. **Ghiasi dan Jafari (2012)** telah menyimulasikan pengontrol yang optimal pada *Ball and Plate System* untuk permasalahan *tracking*.

Pada tugas akhir ini kami akan melakukan rancang bangun sistem Kontrol melalui dengan menggunakan metode *Linear Quadratic Regulator (LQR)* dengan sistem eksperimental mencakup plat datar yang dipasang pada *stewart platform* yang bergerak dan terdapat panel sensor layar sentuh di atas plat datar, sebuah bola,

enam servo motor dan sistem penggeraknya. Panel sensor layar sentuh digunakan untuk mengukur posisi bola. Sistem ini hal yang sangat penting karena memegang peran penting dalam rancang bangun teknologi dan dapat dianggap sebagai tantangan besar untuk menguji berbagai strategi non linear. Oleh karena itu perlu sistem Kontrol yang andal dan sesuai dengan karakter *Ball and Plate System*. Model matematika *Ball and Plate System* yang kami gunakan akan dilakukan analisa mengenai kestabilan, keterkontrolan dan keterobservasian sistem sebelum diberi kontrol. Permasalahan yang akan diselesaikan adalah masalah regulator dan *tracking*. Metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR) adalah metode dengan menentukan sinyal masukan yang akan memindahkan suatu *state* sistem linear dari kondisi awal $x(t_0)$ menuju ke suatu kondisi akhir $x(t)$ yang akan meminimalkan suatu indeks performansi (Sumanti dkk., 2014). Dalam segi *tracking* kami menggunakan *non zero set point/tracking* yaitu dengan menentukan keluaran sistem mengikuti perubahan set poin atau referensi yang ditentukan. (Ogata,1997). Selain itu kami juga akan melakukan perancangan persamaan estimasi variabel state dinamakan *state observer* karena terbatasnya sensor yang digunakan untuk mengukur variabel state. Hasil dari perancangan kontrol optimal tersebut selanjutnya akan disimulasikan dengan program MATLAB dan dapat diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras (*stewart platform*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana solusi masalah regulator (menstabilkan sistem (menjaga kestabilan dari bola dengan plat datar agar bola tidak jatuh dan plat datar berdiri dengan tegak pada sudut 0 radian) dengan variabel/output agar tetap kecil) dengan kontrol optimal tipe *Linear Quadratic* pada *Ball and Plate System*?
2. Bagaimana solusi masalah *tracking* (mengontrol respons dari sistem agar bergerak mengikuti sinyal referensi yang diberikan dengan tetap melakukan stabilisasi dan keadaannya dalam batas-batas tertentu)

dengan kontrol optimal tipe Linear Quadratic pada *Ball and Plate System*?

3. Bagaimana solusi masalah *state observer* (estimasi state) pada *Ball and Plate System*?
4. Bagaimana perancangan kontrol optimal dengan metode optimasi LQR pada *Ball and Plate System* dengan masalah kontrol tertentu dalam bentuk simulasi dengan menggunakan program MATLAB yang dapat diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras (*stewart platform*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui solusi dari masalah regulator dengan kontrol *Linear Quadratic Regulator*.
2. Mengetahui solusi dari masalah *tracking* dengan kontrol *Linear Quadratic Regulator*.
3. Mengetahui solusi dari masalah *state observer* pada *Ball and Plate System*.
4. Mengetahui hasil perancangan kontrol optimal dengan metode optimasi *Linear Quadratic Regulator* pada *Ball and Plate System* dalam bentuk simulasi dengan menggunakan program MATLAB yang dapat diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras (*stewart platform*).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menambah wawasan referensi pada penerapan studi matematika khususnya di bidang sistem kontrol dan mampu menjadi rujukan pembelajaran maupun penelitian lebih lanjut mengenai pengoptimalan kontrol sistem.

2. Menambah wawasan dan alternatif dalam menyelesaikan masalah pengoptimalan Kontrol suatu sistem dinamik khususnya dengan metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR).
3. Mendapatkan bentuk kontrol optimal untuk *Ball and Plate System* yang dapat diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras (*stewart platform*)

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari permasalahan model matematika *Ball and Plate System* sebagai berikut:

1. Model matematika *Ball and Plate System* yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada jurnal yang ditulis oleh **Aghiad KASSEM, Hassan HADDAD, dan Chadi ALBITAR, (2015)** dengan judul “*Commparation Between Different Methods of Control of Ball and Plate System with 6DOF Stewart Platform*”.
2. Nilai parameter yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada jurnal yang ditulis oleh **Luis Morales, Oscar Camacho, Paulo Leica and Danilo Chavez, (2017)** dengan judul “*A Sliding-Mode Controller from a Reduced System Model: Ball and Plate System Experimental Application*”
3. Implementasi desain dengan batasan sudut plat datar dengan derajat ± 15 derajat dan posisi pada panel sensor layar sentuh *range* sumbu-x dan sumbu-y masing-masing dari 500 sampai dengan 700.
4. Spesifikasi sistem yang ditetapkan agar memenuhi target penelitian dan mendapat kan respons sistem yang baik adalah:
 - *Settling Time*: 1.05 detik
 - *Rise Time*: < 0.5 detik