



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi sangat pesat dan menjadi pusat perhatian bagi masyarakat di seluruh dunia. Perkembangan ini pada dasarnya mempunyai tujuan untuk mempermudah masyarakat dalam melakukan suatu kegiatan dan meminimalisasi waktu yang diperlukan. Selain itu perkembangan teknologi juga berdampak besar pada dunia industri, transportasi, dll. Salah satu perkembangan teknologi yang sangat pesat saat ini adalah dunia transportasi. Teknologi transportasi yang sangat berkembang adalah kereta. Pada zaman dulu kereta masih menggunakan tenaga uap, listrik serta mesin diesel. Namun saat ini seiring perkembangan teknologi kereta telah menggunakan tenaga lain yaitu magnet. Teknologi magnet ini mampu membuat kereta bergerak melayang di atas rel dengan kecepatan tinggi (kereta maglev). Kereta maglev ini mengambil prinsip dari *magnetic levitation ball*.

Magnetic levitation ball adalah proses pelayangan sebuah benda dengan memanfaatkan medan magnet. Gaya elektromagnetik digunakan untuk melawan efek dari gaya gravitasi [1]. *Magnetic levitation ball* dapat didefinisikan sebagai proses melayangkan benda di ruang bebas dengan menangkal gaya gravitasi yang bekerja padanya. Secara sederhana ini dapat disebut sebagai suspensi stabil melawan gravitasi dari suatu obyek [1]. Yang mana *magnetic levitation ball* ini merupakan sebuah sistem yang terdiri dari bola baja *ferromagnetic* yang disuspensi dalam sebuah medan magnet oleh tegangan listrik dengan cara mengendalikan arus pada saat mengalir pada kumparan elektromagnet dengan sejumlah lilitan tembaga di dalamnya, kemudian posisi kumparan tepat berada di atas bola baja [2]. Tujuan dari pelayangan ini adalah untuk menghilangkan gaya gesek yang terjadi antara permukaan dasar dengan bola baja. Sehingga pengendalian sangat dibutuhkan untuk membuat bola tetap dalam posisi melayang.

Pada dunia industri perkembangan teknologi sangat dibutuhkan agar proses yang berlangsung secara otomatis, terutama di bidang instrumentasi dan proses pengaturan. Sistem kendali adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem [3]. Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses (*plant*) yang disusun untuk mendapatkan keluaran (*output*) dan kinerja yang diinginkan dari *input* yang diberikan. Sistem kendali memberikan kontribusi yang besar terhadap



perilaku sistem. Tujuan utama sistem kendali adalah mengatur sistem agar keluaran yang dihasilkan sesuai dengan referensi yang diberikan dan menjaga keluaran sistem dari gangguan. Dalam merancang sistem kendali yang paling utama adalah desain pengendali, karena pemilihan pengendali yang tepat akan berpengaruh pada respon yang dihasilkan. Tujuan yang ingin dicapai dalam pengendalian suatu sistem adalah mendapatkan performansi yang optimal. Salah satu jenis pengendali optimal adalah *Linear Quadratic Regulator* (LQR).

Penelitian mengenai pengendali LQR telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, diantaranya yaitu penerapan pengendali LQR pada sistem AVR yang membuktikan bahwa pengendali LQR ini dapat menghasilkan respon waktu optimal yang lebih cepat [4]. Selain itu, penelitian yang dilakukan menggunakan pengendali LQR pada *attitude rotor spacecraft* mendapatkan hasil bahwa sistem dinamik yang di kendalikan dengan LQR dapat mempercepat kestabilan suatu sistem dan meminimalisir gangguan yang terjadi secara optimal [5].

Performansi sistem yang optimal hampir dibutuhkan oleh semua proses di industri. Hal ini dikarenakan banyaknya parameter sistem yang harus dikendalikan pada suatu proses. Beberapa diantara parameter sistem yang umum dikendalikan pada proses industri adalah tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*) atau posisi. Dari beberapa parameter yang ada, pengendalian posisi merupakan hal yang menarik untuk dikembangkan, karena pengendalian posisi merupakan pengendalian sistem servomekanik. Pada umumnya, keluaran pada servomekanik diharapkan dapat mengikuti perubahan masukannya. Sistem kendali posisi sangat sering digunakan dalam berbagai sistem salah satu misalnya yaitu sistem *magnetic levitation ball*. Apabila posisi pada sistem *magnetic levitation ball* tidak dikendalikan, maka akan mengganggu proses – proses yang lain. Oleh karena itu, pengendalian parameter posisi pada *magnetic levitation ball* merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan.

Penelitian mengenai *magnetic levitation ball* telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, diantaranya yaitu *magnetic levitation ball* menggunakan pengendali PID [6] [7], *ensemble kalman filter* (enkf) [2]. Penelitian di *magnetic levitation ball* dapat dikembangkan dengan menggunakan pengendali konvensional, pengendali *modern* atau kombinasi dari beberapa pengendali (*hybrid*). Di industri, banyak metode kendali konvensional yang di gunakan untuk melakukan pengendalian pada proses – proses produksi. Pengendali PID merupakan pengendali yang sering digunakan pada



proses kendali di industri dikarenakan strukturnya yang sederhana, mudah diimplementasikan dan kekokohnya yang baik. Namun, metode konvensional tersebut memiliki beberapa kekurangan, yaitu metode ini tidak dapat digunakan untuk mengendalikan sistem yang kompleks dengan performansi yang baik dan tidak terjadi perubahan pada parameter sistem. Jika terjadi perubahan parameter pada sistem, maka pengendali tidak dapat menghasilkan performansi yang baik. Sehingga, perlu dilakukan penalaan ulang terhadap nilai parameter PID, agar *plant* menghasilkan performansi sesuai perubahan parameter yang terjadi. Salah satu cara efektif untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah menggunakan teknik kendali optimal. Kendali optimal yang dapat digunakan salah satunya adalah kendali *linear quadratic regulator* (LQR).

Linear Quadratic Regulator (LQR) adalah sebuah teknik kendali modern yang menggunakan pendekatan persamaan keadaan (*state space*) [4]. Dalam perancangan desain teknik *Linear Quadratic Regulator* (LQR), unjuk kerja yang dilakukan yaitu dengan mengatur nilai matriks Q dan R yang nantinya akan mendapatkan hasil matriks penguat umpan balik K yang optimal untuk memberikan respon dan indeks performansi yang lebih baik. LQR dapat langsung mengatasi gangguan yang telah terjadi sebelumnya dalam waktu yang lebih singkat, karena LQR memiliki bagian yang dapat meminimalisir jenis-jenis gangguan yang telah terjadi pada keadaan stabil [8]. LQR ini menggunakan prinsip persamaan *differensial Riccati*. Keunggulan utama pengendali LQR yaitu memberikan performansi yang lebih baik daripada kendali konvensional dalam hal kekokohan dan mempertahankan *setpoint*.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dengan keunggulan pengendali *linear quadratic regulator* (LQR) yang mampu mengatasi gangguan dan menghasilkan nilai keluaran yang optimal. Maka pada penelitian ini diharapkan pada sistem *magnetic levitation ball* ini mendapatkan hasil keluaran yang optimal berdasarkan keunggulan yang dimiliki pengendali LQR terhadap sistem yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian dengan mengambil judul tugas akhir tentang “Aplikasi Kendali Optimal dengan Metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR) untuk Pengendalian Posisi pada Sistem *Magnetic Levitation Ball*”.



1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang pengendali optimal LQR agar dapat mengendalikan perubahan posisi pada *magnetic levitation ball* sehingga sistem stabil dan dapat mencapai *setpoint* yang diinginkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengendalikan posisi pada sistem *magnetic levitation ball* dengan menggunakan pengendali LQR sehingga mendapatkan performansi yang optimal dan menganalisa hasil dari keluarannya.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Penurunan model matematis sistem dirujuk dari penelitian Mohamed S.Abu Nasr
2. Aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan model matematis dari sistem *magnetic levitation ball* dan hasil perancangan dari pengendali *Linear Quadratic Regulator* adalah *Matlab R2009a*.
3. Nilai matriks Q yang di *Trial and Error* hanya matriks A11 dan matriks yang lain dianggap bernilai 0.
4. Nilai matriks R dianggap konstan bernilai 0.1

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali yang menggunakan pengendali *Linear Quadratic Regulator* untuk mengatur posisi pada sistem *magnetic levitation ball* dan dapat dijadikan referensi tambahan bagi peneliti selanjutnya yang membahas tentang tema yang sama dengan penelitian ini dan dapat di implementasikan dalam keadaan sebenarnya atau *real*.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dijelaskan mengenai hal umum dari Tugas Akhir ini, yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.



BAB II LANDASAN TEORI

Berisi mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan pengetahuan dasar yang berhubungan dengan Tugas Akhir yang peneliti lakukan. Teori yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini yaitu : sistem kendali posisi, *magnetic levitation ball*, permodelan matematis plant, perangkat lunak MATLAB, pengendali optimal LQR.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi penjelasan mengenai tahapan dalam proses penelitian Tugas Akhir yang penulis lakukan. Dimulai dari identifikasi serta perumusan masalah, pengumpulan data, analisa dan perancangan, pengujian sistem, serta kesimpulan dan saran.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang pengujian performansi pengendali, identifikasi sistem dari setiap pengendali, dan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil dan analisa, dan saran yang akan dilakukan untuk penelitian ke depannya.