

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini, perkembangan teknologi berjalan dengan sangat cepat dan memegang peranan penting dalam berbagai hal. Kemajuan teknologi ini pada dasarnya mempunyai tujuan untuk mempermudah manusia dalam melakukan aktifitasnya dan meminimalisir waktu yang dipergunakan. Di samping itu, perkembangan teknologi juga berdampak besar pada dunia industri, transportasi, informasi, telekomunikasi, dan lain sebagainya. Salah satu perkembangan teknologi yang berkembang pesat saat ini yaitu di bidang transportasi.

Transportasi adalah kegiatan pemindahan orang (penumpang) dan atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lainnya. Salah satu transportasi yang kini menjadi pilihan masyarakat untuk berpergian yaitu kereta (*train*). Kereta adalah salah satu wujud dari perkembangan teknologi di bidang transportasi saat ini. Pada zaman dahulu kereta masih menggunakan listrik, tenaga uap, serta mesin diesel. Seiring dengan perkembangan zaman kereta telah menggunakan tenaga lain yaitu magnet, dimana teknologi magnet ini mengambil prinsip dari *magnetic levitation ball system*, yang mampu membuat kereta melayang di atas rel dengan kecepatan yang sangat tinggi tanpa adanya gesekan antara rel dengan kereta. Kereta ini mampu melaju dengan kecepatan sampai 650 km/jam (404 mpj) jauh lebih cepat dari kereta biasa.

Magnetic Levitation Ball adalah 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. Pada sistem ini bola baja diasumsikan bergerak secara vertikal yaitu naik turun dan berhenti tepat pada posisi melayang dari posisi bola saat diletakkan dalam kondisi awal [1]. *Magnetic levitation ball* dapat pula 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 [2]. Tujuan dari pelayangan ini adalah untuk menghilangkan gaya gesek yang terjadi antara permukaan dasar dengan bola baja. Untuk mengatasi objek yang melayang, maka posisi antara benda

dan elektromagnet diperhitungkan karena rentan terhadap gangguan. Sehingga pengendalian sangat dibutuhkan untuk mengendalikan supaya bola tetap dalam posisi melayang.

Di Jepang dengan nama Shinkansen, pengembangannya dimulai pada tahun 1956 dan jalur pertama dibuka pada 1 Oktober 1964 yang menghubungkan Tokyo-Osaka bertepatan dengan Olimpiade Tokyo. Jalur ini langsung sukses menarik banyak penumpang, dalam waktu 3 tahun dia telah melayani 100 juta penumpang. Di Eropa ada 2 negara yaitu Perancis dan Jerman. Di Perancis dengan nama TGV, rencana awal telah dimulai sejak 1960an, namun menghadapi tantangan sampai jalur pertama dibuka pada 27 September 1981 yang menghubungkan Paris-Lyon. Sedangkan di Jerman dengan nama ICE, pengembangan dimulai pada tahun 1982 dan jalur pertama dibuka tahun 1991 yang menghubungkan Hamburg-Frankfurt-München [3].

Pengendalian posisi pada *magnetic levitation ball* sebagai dasar dari *magnetic levitation train* merupakan hal yang perlu untuk dikembangkan, karena pengendalian posisi merupakan pengendalian sistem servomekanik yang rentan akan gangguan. Apabila posisi pada sistem *magnetic levitation ball* tidak dikendalikan, maka akan mengganggu proses – proses yang lain. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai sistem *magnetic levitation ball* antara lain ; penelitian yang dilakukan oleh Rahmat Andi Kurniawan dengan judul “Pengendalian Posisi Sistem *Magnetic Levitation Ball* Menggunakan *PID Gain Scheduling*”. Pada penelitian ini Rahmad melakukan pengendalian tiga kondisi posisi pada *magnetic levitation ball* yaitu posisi 0.01m, 0.0125m dan 0.015m menggunakan pengendali *PID gain scheduling* hasilnya menunjukkan performansi yang baik, namun kelemahan penelitian ini adalah perubahan posisi mempengaruhi penalaan nilai K_p , K_i dan K_d dari pengendali *PID* yang dijadwalkan oleh *gain scheduling* hal ini menyebabkan *time rise* menjadi lambat serta kestabilannya tidak maksimal [4].

Penelitian berikutnya dengan judul “Perancangan Pengendali *Sliding Mode* dengan Optimasi *PID* untuk Pengendalian Posisi pada Sistem *Magnetic Levitation Ball*”. Pada penelitian ini menjelaskan bagaimana merancang pengendali *sliding mode* dengan optimasi *PID* menggunakan metode *trial and error* dan analisa IAE [5]. Pada penelitian ini, kelemahan yang disebutkan adalah pengendali *sliding mode* belum mampu mencapai kestabilan yang baik terbukti dengan masih adanya osilasi sehingga masih terdapat *error steady state* sebesar 0.00190. Kemudian penelitian selanjutnya dengan judul “Pemodelan

dan Simulasi Sistem *Control Magnetic Levitation Ball*". Pada penelitian ini dijelaskan pengendalian posisi sistem *Magnetic Levitation Ball* menggunakan pengendali PID, dan sistem mencapai kestabilan yang baik. Namun, kelemahan pada penelitian disebutkan pada waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai kondisi stabil masih lama yaitu sebesar 3,5 detik dengan waktu simulasi selama 10 detik[6].

Penelitian selanjutnya dengan judul "Aplikasi Kendali Optimal Dengan Metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR) Untuk Pengendalian Posisi Pada Sistem *Magnetic Levitation Ball*". Pada penelitian ini, pengendalian posisi pada sistem *magnetic levitation ball* menggunakan kendali optimal LQR dapat mencapai *setpoint* secara optimal dan stabil, hal ini dibuktikan dari hasil simulasi yang menunjukkan nilai IAE terkecil yaitu 0.0002449, akan tetapi pada penelitian ini masih terdapat *overshoot* sebesar 2.1052%. Kemudian, pada penelitian ini disebutkan pula bahwa pengendali LQR hanya mampu menjaga sistem tetap stabil tetapi belum mampu mengatasi gangguan dengan baik. Hal ini dapat dilihat ketika sistem diberikan gangguan masih terdapat *error steady state* sebesar 0.0019 [7].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sistem *Magnetic Levitation Ball* memiliki masalah dalam hal kestabilan, karena merupakan sistem yang nonlinier dan dipengaruhi parameter internal dan eksternal yang berubah secara tiba-tiba sehingga rentan terhadap gangguan. Dari beberapa pengendali yang telah dirancang untuk mengatasi permasalahan pada sistem *magnetic levitation ball* tersebut, penelitian yang dilakukan oleh Elsi Novianti dengan menggunakan pengendali optimal LQR (*Linear Quadratic regulator*) memiliki performansi yang lebih baik dari pengendali lainnya. Masalah kestabilan sistem pada penelitian Elsi dapat diselesaikan dengan baik walaupun terdapat *overshoot* sebesar 2.1052%. Namun, kestabilan sistem ketika diberikan gangguan masih belum menunjukkan hasil yang memuaskan dibuktikan dengan masih adanya *error steady state* sebesar 0.0019. Pada penelitian Elsi Novianti dan penelitian sebelumnya, pengendali yang digunakan belum mampu mengestimasi sinyal gangguan yang dibangkitkan dari alam (*Gaussian*) baik estimasi sinyal gangguan proses maupun sinyal gangguan pengukuran. Sehingga perlu dicari solusi untuk penyelesaian permasalahan sistem *magnetic levitation ball* dalam menghadapi gangguan.

Penggunaan kendali optimal metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR) umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan regulator. Dalam bukunya Lewis Frank L dan Syrmos, Vassilis L menyebutkan regulator adalah pengendalian untuk menstabilkan sistem agar berada pada kondisi konstan walaupun terdapat gangguan. Namun, seiring

berkembangnya penelitian di bidang kendali optimal, kendali optimal LQR mengalami perkembangan konsep dengan penambahan estimator optimal (*filter kalman*) yang berfungsi menyaring *noise* (derau) dalam bentuk sinyal *Gaussian* (*noise* yang dibangkitkan dari alam). Konsep pengembangan itu diperkenalkan pada tahun 1970 dengan nama *Linier Quadratic Gaussian* (LQG). Pada konsep LQG diperkenalkan konsep teori pemisahan (*separation theorem*) atau sering disebut *Certainty Equivalence Principle*. Dari hasil tersebut penguatan umpan balik dan *filter kalman* dalam LQG dirancang secara terpisah, dan yang paling utama permasalahan gangguan yang tidak mampu diselesaikan oleh LQR dapat dengan mudah diatasi oleh LQG[8].

Beberapa penelitian yang dilakukan pada penelitian sebelumnya juga menunjukkan keunggulan terkait pengendali LQG. Diantaranya menyatakan bahwa pengendali LQG mampu menjaga kestabilan dari gangguan dan mampu menjaga performansi *robustness* [9], LQG juga mampu mengurangi *overshoot* dan mampu memperbaiki *error steady state* [10], kemudian pengendali LQG juga mampu mengembalikan nilai keluaran menuju *set point* setelah sistem mendapat gangguan. Hal ini disebabkan LQG memiliki *filter kalman* yang mampu mengestimasi gangguan proses dan gangguan pengukuran [11].

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dengan keunggulan pengendali *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) yang mampu menjaga kestabilan terhadap gangguan dan menghasilkan nilai keluaran yang optimal. Maka pada penelitian ini akan dirancang pengendali LQG untuk mengendalikan posisi pada sistem *magnetic levitation ball* berdasarkan analisa indeks performansi minimum *Integral of Absolute Error* (IAE) dengan hipotesa performansi yang lebih baik dalam mengatasi kestabilan ketika diberi gangguan. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian dengan mengambil judul tugas akhir tentang “**Perancangan Kendali Optimal Metode *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) untuk Pengendalian Posisi pada Sistem *Magnetic Levitation Ball*”.**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengatasi pengendalian posisi pada sistem *magnetic levitation ball* yang rentan terhadap gangguan dengan perancangan kendali optimal *linear quadratic gaussian*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengendalikan posisi pada sistem *magnetic levitation ball* dengan menggunakan pengendali LQG (*Linear Quadratic Gaussian*) sehingga mendapatkan performansi yang optimal dengan analisa indeks performansi minimum IAE (*Integral of Absolute Error*).

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 Gaussian* adalah *Matlab R2011b*;
3. Tidak membahas *hardware*;
4. Matriks R_c pada *gain regulator* dan matriks R_f pada *kalman filter* dibuat konstan yaitu masing-masing bernilai 0.173 untuk matriks R_c dan 0.1 nilai matriks R_f .

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali yang menggunakan pengendali *Linear Quadratic Gaussian* 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 diharapkan 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 LQG.

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 analisa dari hasil uji performansi pengendali.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil analisa, dan saran yang akan dilakukan untuk penelitian selanjutnya dengan tema yang sama.