



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era-globalisasi saat ini, teknologi berkembang dengan pesatnya. Setiap waktu banyak perubahan yang terjadi di segala bidang. Misalnya saja pada bidang industri dan transportasi yang terus dikembangkan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Perkembangan pada bidang Industri dan Transportasi dapat dilakukan dengan merancang sistem kendali agar bekerja secara otomatis.

Sistem kendali adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem [1]. Sistem kendali memiliki peran besar terhadap variabel yang akan dikendalikannya agar mencapai nilai yang sesuai dan bekerja lebih baik sehingga, mencapai hasil optimal. Secara umum sistem kendali terbagi atas dua yaitu sistem kendali *open loop* dan sistem kendali *closed loop*. Sistem kendali *open loop* adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya tidak mempengaruhi aksi pengendalian. Sedangkan sistem kendali *closed loop* adalah sistem kendali yang mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengendalian (umpan balik) [1]. Sebelum dilakukan perancangan pada sistem maka sistem diidentifikasi secara *open loop* atau *closed loop* untuk mendapatkan perilaku sistem tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui masalah yang terjadi pada sistem. Sehingga dapat dipilih pengendali yang dapat menyelesaikan masalah pada sistem tersebut. Selain itu, banyaknya variabel sistem yang harus dikendalikan. Variabel yang dapat dikendalikan menjadi dasar diperlukannya pula sistem pengendalian. Variabel yang dapat dikendalikan diantaranya adalah *flow*, *velocity*, *position*, *temperature*, *level* dan lain sebagainya. Dengan demikian, kebutuhan akan pengendalian sistem sangatlah besar.

Industri-industri telah banyak menggunakan pengendali untuk mempermudah segala proses di industri tersebut, baik yang menggunakan pengendali konvensional, *modern*, maupun gabungan dari beberapa pengendali (*hybrid*). Salah satu pengendali yang memiliki kekokohan (*robust*) terhadap gangguan yaitu *Sliding Mode Controller* (SMC) [2]. *Sliding Mode Controller* (SMC) merupakan pengendali yang mampu mengatasi gangguan eksternal, ketidakpastian sistem maupun ketidakpastian parameter. *Sliding mode Control* (SMC) merupakan sebuah kendali umpan balik pensaklaran berkecepatan tinggi yang efektif dan kokoh dalam mengendalikan sistem *linier* maupun *nonlinier*. SMC memiliki tujuan



utama untuk memaksa dan membatasi variabel yang dikendalikan berada pada permukaan luncur yang dirancang dan menjaganya agar dapat tetap berada pada keadaan yang diinginkan [2]. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya membuktikan bahwa SMC merupakan pengendalian yang kokoh, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh *Zhang dan Zhao*, yang membahas tentang perbandingan pengendali antara *Proporsional Integral* (PI), SMC dan *Fuzzy Logic Control* (FLC). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengendali SMC dan FLC memberikan kinerja yang sangat baik dibandingkan pengendali PI, tetapi untuk implementasi SMC lebih mudah dibandingkan FLC dan PI [3]. Membuktikan *sliding mode controller* (SMC) merupakan pengendali yang kokoh, maka akan diimplementasikan pada salah satu sistem yaitu *magnetic levitation ball*.

*Magnetic levitation ball* adalah suatu rangkaian sistem yang terdiri atas bola baja padat yang bersifat *ferromagnetic* (benda yang memiliki sifat kemagnetan yang paling kuat dan tahan lama) yang melayang di atas permukaan suatu medium udara apabila diberi tenaga elektromagnet yang berasal dari kumparan elektromagnet. Singkatnya, *Magnetic levitation ball* adalah proses pengangkatan sebuah objek terhadap suatu acuan menggunakan medan magnet. Sistem *magnetic levitation ball* banyak diaplikasikan diberbagai bidang diantaranya yaitu kereta *maglev*, turbin angin, *bearingless* motor dan lain sebagainya. Tujuan utama kegunaan *magnetic levitation ball* adalah meminimalkan atau menghilangkan gesekan yang dihasilkan oleh pergerakan yang sangat cepat. Obyek yang akan dilayangkan ditempatkan di bawah sebuah elektromagnet. Dengan kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet yang dikendalikan dengan tepat akan melawan gaya gravitasi pada objek yang dilayangkan. Metode ini disebut teorema *Circumvents Earnshaw* dengan menggunakan kontrol umpan balik [4]. Untuk mengatasi objek yang menempel pada elektromagnet, maka posisi benda penting untuk dikendalikan.

Penelitian mengenai *magnetic levitation ball* telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, diantaranya yaitu *magnetic levitation ball* menggunakan pengendali *fuzzy-gain scheduling* [5], PID (*Propotional Integral Derivatif*) [4], dan LQG (*Linear Quadratic Gaussian*) [6] dan lain sebagainya. Berdasarkan dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem *Magnetic Levitation Ball* merupakan sistem yang *nonlinear* sehingga tidak mudah untuk dikendalikan dan sistem ini merupakan sistem yang tidak stabil terbukti dari hasil keluaran sistem terjadi osilasi yang besar. Kendali yang tepat untuk mengendalikan sistem *nonlinear* dapat menggunakan kendali *nonlinear*. Oleh karena itu, pengendali SMC cocok digunakan pada sistem ini. Penelitian yang telah dilakukan pada sistem *magnetic*



levitation ball menggunakan SMC antara lain : Penelitian “*Sliding Mode Control Of A Magnetic Levitation System*”. Pada penelitiannya dilakukan perancangan sistem *static* dan *dynamic* SMC. Berdasarkan dari hasil simulasi, perancangan pada *dynamic* SMC bekerja lebih baik dibandingkan dengan *static* SMC. Meskipun pada hasil simulasi masih terdapat *chattering*. Namun, dalam implementasinya *static* SMC lebih mudah [7]. Kemudian penelitian “*fuzzy sliding mode control of a magnetic ball suspension*”. Pada penelitian ini Hasil eksperimen menunjukkan Metode *sliding mode control* memiliki *chattering* yang cukup besar. Memperkecil *chattering* yang disebabkan frekuensi tinggi dapat digunakan metode *adaptive fuzzy estimator sliding mode control*. *Adaptive fuzzy estimator sliding mode control* memiliki kinerja yang lebih baik daripada *sliding mode control* saat diberi gangguan (*disturbance*) [8]. Dari penelitian yang dijabarkan di atas dapat disimpulkan bahwa SMC memiliki kelemahan yaitu *chattering* yang harus diminimalisir.

Selain itu, kelemahan SMC yaitu *chattering*, dapat menimbulkan *error steady state* hal ini dibuktikan oleh penelitian “*Design PID Sliding Surface For Sliding Mode Controller*”. Pada penelitiannya menyatakan bahwa Efek osilasi (*chattering*) dapat mengakibatkan *error steady state* pada sistem walaupun telah direduksi. Sehingga perlu ditambahkan metode untuk mengurangi *error steady state* yang terjadi pada SMC. Salah satu pengendali konvensional yang terkenal untuk mengatasi *error steady state* yaitu PID (*Proportional Integral Derivative*), karena terdapat aksi kendali *integral*. Selain *error steady state* yang diakibatkan dari pengendali SMC, kelemahan yang terjadi pada sistem *magnetic levitation ball* yaitu terjadinya osilasi yang besar, aksi kendali *derivative* ternyata mampu meredam osilasi. PID memiliki 3 komponen yang memiliki fungsi yang berbeda, *Proportional* berfungsi untuk memperbaiki *rise time*, *Integral* berfungsi untuk menghilangkan *error steady state*, dan *Derivative* berfungsi untuk memperbaiki *overshoot*. Kelemahan SMC yaitu *Chattering* yang dapat mengakibatkan *error steady state* dapat diatasi oleh PID karena terdapat kendali integral di dalamnya [9].

Kombinasi SMC dan PID telah dilakukan sebelumnya diantaranya; Pengendalian *Level Coupled Tank* Menggunakan Metode *Sliding Mode Control (SMC) Hybrid Proportional Integral Derivative (PID)* di *Simulink Matlab* [10], Desain Sistem Kendali Rotary Pendulum dengan Sliding-PID[11],Perancangan Sistem Kendali Sliding-PID untuk Pendulum Ganda pada Kereta Bergerak [12].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, kombinasi SMC dan PID dapat saling meningkatkan performansi pada masing-masing pengendali. Pengendali *sliding mode* dapat



dioptimasi dengan menggunakan PID. Selain mengurangi *chattering*, dapat pula mengurangi atau bahkan menghilangkan *error steady state* dan meredam osilasi. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan tugas akhir dengan judul **“Perancangan Pengendali *Sliding Mode* dengan Optimasi PID untuk Pengendalian Posisi pada *Magnetic Levitation Ball System*”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mengoptimasi pengendali *sliding mode* dengan mengkombinasikan pengendali PID untuk mendapatkan kestabilan yang lebih baik.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang pengendali *sliding mode* dengan optimasi PID untuk pengendalian posisi pada sistem *magnetic levitation ball* dan mendapatkan kestabilan yang baik.

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis menetapkan suatu batasan masalah sebagai berikut:

- Pemodelan sistem magnetic levitation ball dari rujukan Mohamed S Abu Nasr.
- Perancangan SMC menggunakan metode *static SMC*.
- Parameter PID ditentukan secara heuristik.
- Aplikasi yang digunakan untuk simulasi adalah MATLAB.

## 1.5 Manfaat Penelitian

- Sebagai referensi tambahan bagi peneliti-peneliti berikutnya.
- Dapat memberikan pengetahuan tentang perancangan pengendali *sliding mode* dengan optimasi pengendali PID pada *magnetic levitation ball*.
- Diharapkan pengendalian posisi dari *magnetic levitation ball* ini nantinya dapat diterapkan pada sistem yang sebenarnya.