



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini sangat berkembang pesat, sehingga menuntut manusia untuk bisa beradaptasi dan ikut serta dalam proses perkembangan yang terjadi. Perkembangan teknologi terjadi karena pemikirin manusia yang dikembangkan untuk menyelesaikan suatu masalah yang dihadapi, yang pada dasarnya untuk membantu dan mempermudah pekerjaan manusia. Perkembangan teknologi ini sangat berpengaruh terhadap segala aspek kehidupan, salah satunya yaitu pada dunia industri. Pada dunia industri banyak proses kimia industri yang bersifat non linier yang tinggi. Salah satu sistem yang banyak digunakan pada dunia industri yang bersifat non linier adalah sistem *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR).

CSTR merupakan sebuah tangki pengaduk yang berfungsi untuk mencampurkan dua fluida atau lebih. Sistem CSTR ini banyak diaplikasikan pada industri minuman, makanan, dan bioteknologi. Pada sistem CSTR terdapat beberapa variabel yang dapat dikendalikan, salah satu variabel yang perlu dikendalikan adalah ketinggian (*level*) dari suatu fluida. Hal ini dikarenakan pada proses industri membutuhkan fluida untuk dipompa dan disimpan di dalam tangki. Banyak sekali fluida yang diproses oleh *mixing treatment* atau pencampuran kimia, tapi selalu *level* fluida yang dikendalikan dan *valve* untuk *flow* yang masuk ke tangki yang diatur. Apabila *level* suatu fluida tidak dikendalikan, maka dapat menyebabkan dampak yang besar pada sistem maupun pada produk yang dihasilkan. Salah satu dampak yang dapat terjadi adalah produk yang dihasilkan tidak dapat mempertahankan standar kualitas yang telah ditentukan, sehingga dapat menyebabkan kerugian yang besar pada industri tersebut.

Berdasarkan masalah yang tersebut, pada proses industri sangat diperlukan pengendalian secara otomatis. Penggunaan sistem kendali otomatis ini menjadi suatu kebutuhan yang sangat utama, karena mampu mengatur proses produksi agar dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Sistem kendali otomatis ini juga mampu memperbaiki performansi dari *plant*, meningkatkan efesiensi dan efektifitas dalam proses industri[1]. Penggunaan sistem kendali ini mampu mengendalikan sistem agar keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan dan menjaga keluaran sistem dari berbagai gangguan yang terjadi[1].



Perkembangan sistem pengendalian di dunia industri sendiri sudah sangat berkembang sangat pesat. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya pengendali yang telah digunakan dalam penelitian mulai dari pengendali konvensional PID, pengendali optimal seperti LQR (*Linear Quadratic Regulator*), LQG (*Linear Quadratic Regulator + Filter Kalman*), *nonlinier feedback control*, MRAC (*Model Reference Adaptive Control*), SMC (*Sliding Mode Controller*), hingga ke pengendali cerdas seperti FLC (*Fuzzy Logic Controller*) dan Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*). Dari penelitian-penelitian yang telah banyak dilakukan, agar tujuan dari pengendalian suatu sistem dapat tercapai, hal ini ditentukan dari pemilihan pengendali yang tepat dan kebutuhan sistem yang dikendalikan.

Pemilihan pengendali yang tepat dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, salah satunya yaitu dengan melakukan studi komparasi dengan membandingkan dari penelitian-penelitian sebelumnya, seperti penelitian dengan judul *Comparative Study of PI, Sliding Mode and Fuzzy Logic Controller for Rotor Field Oriented Controlled Induction Motor Drives*[7]. Selanjutnya penelitian dengan judul *Comparison of Robustness of PID Control and Sliding Mode Control of Robot Manipulator*[15]. Kemudian oleh penelitian yang berjudul *Comparative study of the Saturated Sliding Mode and LQR Controllers*[16]. Kemudian dilanjutkan dengan penelitian yang berjudul Studi Performansi Pengendali *Sliding Mode* dan PID pada Pengendalian Kecepatan Motor DC[8] dan masih banyak yang lainnya. Namun dari empat penelitian yang telah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa pengendali *Sliding Mode* memiliki performansi yang lebih baik, karena kekokohnya terhadap gangguan yang diberikan dibandingkan dengan pengendali yang lain.

Pengendali *sliding mode* terkenal akan kekokohnya dalam menghadapi gangguan. Pengendali *sliding mode* merupakan pengendali yang mampu menyelesaikan gangguan eksternal, ketidakpastian sistem maupun parameter[19]. Tujuan utama pengendali *sliding mode* adalah untuk memaksa dan membatasi variabel yang dikendalikan berada pada permukaan luncur yang dirancang dan menjaganya agar dapat tetap berada pada keadaan yang diinginkan[20]. Akan tetapi, pengendali *sliding mode* memiliki kelemahan yaitu terjadinya kondisi *chattering*[19].

Chattering merupakan osilasi keluaran pengendali dengan frekuensi tinggi yang disebabkan oleh *switching* yang sangat cepat untuk membentuk *sliding mode*. Osilasi yang sangat tinggi pada sinyal kendali ini menyebabkan ketidakstabilan pada sistem[19]. *Chattering* yang besar akan menyebabkan *error steady state* yang cukup besar. *Chattering*



dapat direduksi dengan cara mengubah fungsi *signum* pada sinyal kendali natural (U_n) menjadi fungsi *saturation*[9][10][19]. Namun, mengubah fungsi *signum* menjadi *saturation* belum mampu mengatasi persoalan *error steady state* yang terjadi.

Persoalan *error steady state* yang belum mendapat solusi yang tepat, ternyata dapat diselesaikan dengan menambah aksi kendali *integral*. Hal ini disebut dalam buku Ogata yang berjudul *Modern Control Engineering 4th edition* dan dibuktikan oleh beberapa penelitian sebelumnya[7][12][11]. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, ternyata permukaan luncur *sliding mode* dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan dikendalikan. Perancangan permukaan luncur *sliding mode* yang sudah ada di antaranya yaitu *static* dan *dynamic*[18][23], PI[12], PD[24], dan PID[25]. Pemodelan matematis dari perancangan permukaan luncur *sliding mode* ini selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan sinyal kendali.

Untuk mendapatkan sinyal kendali yang mampu membawa status trayektori menuju permukaan luncur dan mempertahankan status trayektori agar tetap berada di sekitar permukaan luncur, maka diperlukan dua macam sinyal kendali. Sinyal kendali yang pertama adalah sinyal kendali ekuivalen yang berfungsi untuk membawa status trayektori menuju permukaan luncur (U_{eq}) dan sinyal kendali yang kedua adalah sinyal kendali natural yang berfungsi untuk mempertahankan status trayektori agar tetap berada di sekitar permukaan luncur (U_n)[22]. Nilai U_{eq} dan U_n tersebut akan dijumlahkan untuk mendapatkan sinyal kendali total (U). Sinyal U inilah yang akan mengendalikan sistem sehingga hasil keluarannya sesuai dengan keluaran yang diinginkan.

Namun, terdapat metode lain untuk mengurangi/menghilangkan *error steady state* yang terjadi, yaitu seperti yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yang pertama penelitian yang berjudul *Hybrid Control with Sliding-Mode plus Self-Tuning PI for Electrical Machines*[3], yang kedua dengan judul penelitian *Hybrid PI Sliding Mode Position and Speed Controller for Direct Drive*[26], dan yang ketiga dengan judul *Pengendalian Level Coupled Tank menggunakan metode Sliding Mode Control (SMC) Hybrid Proportional Integral Derivative (PID) di Simulink Matlab*[2]. Dari tiga penelitian tersebut aksi kendali integral juga bisa menurunkan/menghilangkan *error steady state* dengan cara dikombinasikan (*hybrid*) dengan pengendali *sliding mode*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengaruh pengendali PI pada perancangan ISMC (pengendali *sliding mode* dengan permukaan luncur PI) dan SMC-PI (*hybrid* pengendali *sliding mode* dan pengendali PI)



dalam penurunan *error steady state* untuk mengendalikan *level* pada sistem *continuous stirred tank reactor* (CSTR).

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pengendali *proportional integral* (PI) pada perancangan ISMC dan SMC-PI dalam penurunan *error steady state* untuk mengendalikan *level* pada sistem CSTR.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh pengendali *proportional integral* (PI) pada perancangan ISMC dan SMC-PI dalam penurunan *error steady state* untuk mengendalikan *level* pada sistem CSTR.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar pembahasan tidak terlalu luas, maka peneliti membatasi masalah sebagai berikut:

1. Permodelan sistem *continuous stirred tank reactor* (CSTR) berdasarkan penelitian sebelumnya[12],
2. Fluida yang digunakan adalah fluida yang tidak menghasilkan reaksi kimia ketika dicampur,
3. Variabel yang dikendalikan adalah *level*, parameter konsentrasi dianggap konstan,
4. Suhu dianggap konstan sehingga tidak ada cairan yang keluar sebagai uap untuk memudahkan pemodelan matematis sistem CSTR, dan
5. Simulasi yang dibuat berupa simulasi menggunakan *software* MATLAB r2010a.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu :

1. Menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali untuk mengetahui pengaruh pengendali *proportional integral* (PI) pada perancangan ISMC dan SMC-PI dalam penurunan *error steady state* untuk mengendalikan *level* pada sistem CSTR, dan
2. Dapat dijadikan referensi dalam mengaplikasikan sistem kendali pada proses industri.



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, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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 antara lain yaitu : sistem pengendalian, dinamika sistem *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), permodelan matematis CSTR, identifikasi sistem, pengendali *Proportional Integral* (PI), pengendali *sliding mode*, permukaan luncur, kestabilan *Lyapunov*, dan perangkat lunak MATLAB.

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.

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.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.