

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena perpindahan partikel dan kuantitas fisik dalam fisika, kimia dan teknik adalah salah satu proses alami tentang partikel. Fenomena perpindahan partikel tersebut walaupun bersifat alami tetapi masih dapat dikendalikan. Salah satu contohnya adalah perpindahan panas. Proses perpindahan panas ini banyak dilakukan pada pabrik industri yang mana alat yang digunakan adalah HE (*Heat Exchanger*). HE merupakan alat yang berfungsi memindahkan energi panas antara dua atau lebih fluida, perpindahan ini dapat terjadi pada temperatur yang berbeda antar beberapa fluida. Pada sistem HE masalah yang sering terjadi yaitu perubahan temperatur ketika melakukan perpindahan panas yang tidak signifikan, sehingga perlunya dilakukan suatu pengendalian terhadap temperaturnya dengan mengubah-ubah besar tegangan pada HE agar produktifitas HE semakin meningkat dan meminimalkan kesalahan proses pada HE [1]. Pada proses perpindahan panas terdapat *delay time*, yang mana *delay time* tersebut berfungsi untuk memperoleh hasil perubahan suhu fluida sesuai dengan yang kita inginkan dan juga agar tidak terdapat energi yang terbuang, serta pemanfaatan sumber energi yang tersedia benar-benar dapat lebih efisien [2].

Salah satu tipe dari HE (*heat exchanger*) adalah *Shell and Tube*. Tipe *shell and tube* terdiri dari sebuah *Shell* silindris dibagian luar dan sejumlah *Tube* dibagian dalam. Alat ini memiliki temperatur berbeda pada dua bagiannya sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *Tube* dan di luar *Tube*. Adapun yang berhubungan dengan bagian dalam *Tube* disebut *Tube Side* dan yang dibagian luar disebut *Shell Side* [3].

Terdapat beberapa penelitian yang dilakukan terhadap sistem HE antara lain : yang pertama penelitian yang membahas tentang *tuning* parameter PID dengan metode Ciancone pada *plant* HE. Hasil menunjukkan bahwa respon kerja sistem untuk mencapai *set point* masih terbilang lambat. Hal ini dapat dilihat dari hasil *rise time* sebesar 21.9 detik, *settling time* sebesar 101 detik dengan *overshoot* sebesar 2.27%. Simulasi menunjukkan belum tercapainya respon yang optimal karena rata – rata waktu *rise time* yang cukup lambat, dan masih dapat ditingkatkan lagi [4].

Kedua penelitian yang menggunakan pengendali *feedforward* dan pengendali PID pada pengendalian temperatur HE. Pada penelitian ini pengendali PID digabungkan dengan pengendali *feedforward*. Pengendali PID digunakan untuk menjaga stabilitas

sistem terhadap perubahan masukan yang terjadi dan pengendali *feedforward* digunakan untuk mengantisipasi gangguan yang masuk pada sistem HE. Hasil dari penelitian ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang stabil sangat lambat yaitu dengan *settling time* sebesar 58 detik dan *overshoot* sebesar 5% [5].

Ketiga penelitian tentang permodelan dan simulasi PID kontrol pada alat penukar panas. Pada penelitian ini peneliti menggunakan pengendali metode yang berbeda dalam mengontrol temperatur fluida dan menganalisa *tuning* PID dengan metode *Ziegler-Nicolas*. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa kinerja pengendali PID *Feedback Controller* menghasilkan *overshoot* yang sangat tinggi dan pengendali PID IMC menghasilkan *overshoot* sebesar 6,2%, *settling time* sebesar 88,8 detik dan *rise time* sebesar 59,8 detik [6].

Beberapa penelitian tentang HE mempunyai kelemahan dari segi *time response* terutama *rise time* yang belum memuaskan. Kelemahan lainnya terdapat pada nilai *overshoot*. Berdasarkan hal tersebut dipilih pengendali optimal dengan metode LQR (*Linear Quadratic Regulator*).

Pemilihan pengendali optimal LQR dalam mengendalikan temperatur agar dapat membuat kerja sistem lebih optimal untuk menghasilkan temperatur sesuai dengan yang diinginkan, membuat sistem lebih cepat untuk mencapai keadaan *steady state* dan memperkecil *error steady state*. Hal ini dibuktikan pada beberapa penelitian tentang pengendalian temperatur dengan metode LQR. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini adalah pengendali LQR mampu membuat respon pada sistem menjadi optimal dengan *set point* sebesar 1570°C dengan total waktu simulasi selama 10000 detik. Menghasilkan *settling time* sebesar 2000 detik dan lebih cepat 700 detik dari nilai *settling time* yang menggunakan pengendali PID, dan *error steady state* sebesar 0,18% [7].

Beberapa penelitian lainnya yang dapat membuktikan bahwa pengendali optimal LQR mampu membuat sistem dalam mencapai keadaan *steady state* dan memperkecil *error steady state* yaitu: pertama penelitian pengendalian kecepatan motor induksi 3 fasa dengan pengendali LQR. Dari penelitian tersebut didapat informasi bahwa dengan menggunakan pengendali LQR dalam mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa, LQR mampu memberikan respon dinamik yang cukup baik dan mampu memperbaiki kecepatan putaran motor induksi pada saat perubahan torsi beban [8]. Kedua penelitian pengendalian daya reaktor nuklir dengan pengendali LQR. Dari penelitian tersebut didapat informasi bahwa pengendali LQR mampu membuat respon daya reaktor semakin cepat

menuju titik stabilnya [9]. Ketiga penelitian tentang pengendalian gerak model robot keseimbangan beroda dua dengan menggunakan pengendali LQR. Dari penelitian tersebut diperoleh informasi bahwa pengendali LQR mampu membuat sistem dalam mencapai keadaan *steady state* dan memperkecil *error steady state* [10].

Setelah pengujian dilakukan pada *plant heat exchanger* menggunakan pengendali LQR secara simulasi, diperoleh hasil luasan *error* yang diharapkan yang mana *error steady state* yang kecil dan waktu untuk mencapai keadaan *steady state* sesuai dengan yang diharapkan, namun *rise time* yang dihasilkan belum tercapai. Hal tersebut dapat dilihat dari respon pengendalian temperatur yang dihasilkan LQR mempunyai *settling time* (ts) sebesar 58,0389 detik, *rise time* (tr) sebesar 46,6779 detik, *delay time* (td) sebesar 11,3463 detik dan *error steady state* (ess) sebesar 0,0001v dengan total waktu simulasi selama 200 detik dan *set point* sebesar 1v. Dalam menyelesaikan permasalahan ini dilakukan dengan menambahkan pengendali PID, karena pengendali P, I dan D menurut Katsuhiko Ogata memiliki efek yang dapat membuat tanggapan sinyal keluaran sistem seperti yang diinginkan. Seperti pengendali P (*Propotional*) yang mampu memperbaiki *response transient* khususnya *rise time* dan *settling time*. Sedangkan pengendali I (*Integratif*) yang mampu memperbaiki dan menghilangkan respon *steady state*. Dan pengendali D (*Derivative*) digunakan untuk memperbaiki *response transient* dengan memprediksi *error* yang akan terjadi [11].

Berdasarkan studi literatur dan pengujian simulasi yang dilakukan penulis akan mengkombinasikan pengendali optimal LQR dan pengendali PID agar kinerja LQR menjadi lebih baik dan optimal. Optimal difokuskan pada respon waktu yang cepat dengan *error* minimum. Sehingga tema yang diajukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir adalah Desain Pengendali Optimal Metode LQR *hybrid* PID untuk pengendalian temperatur pada sistem HE (*Heat Exchanger*) tipe *Shell and Tube*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan *time response* terutama *rise time* yang cepat dengan *error* minimum dengan menggunakan pengendali LQR yang dikombinasikan dengan PID.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang pengendali optimal LQR dan mengkombinasikan dengan PID untuk mendapatkan *time response* yang cepat dan *error* minimum dalam mengendalikan temperatur.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Penurunan model matematis sistem dengan menggunakan pendekatan orde satu dan parameter proses temperatur dirujuk dari penelitian Murie Dwiyaniti,
2. Simulasi yang dibuat berupa simulasi menggunakan *software* MATLAB,
3. Aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan model matematis dari sistem HE (*heat exchanger*) tipe *Shell and Tube* dan hasil perancangan dari pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) adalah *Matlab R2010b*,
4. Tidak membahas perangkat keras HE (*heat exchanger*) tipe *Shell and Tube*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu :

1. Menghasilkan sebuah rancangan sistem kendali yang menggunakan pengendali *Linear Quadratic Regulator* (LQR) untuk mengendalikan temperatur dengan cara mengatur besar tegangan pada sistem HE (*heat exchanger*) tipe *Shell and Tube*, dan
2. Dapat dijadikan referensi dalam mengaplikasikan sistem kendali pada proses industri.