

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sistem kendali merupakan hal yang fundamental dalam kehidupan manusia. Singkatnya jika tidak ada sistem kendali sama saja dengan tidak adanya teknologi. Seiring berjalannya waktu kebutuhan akan sistem kendali yang ideal semakin dibutuhkan, oleh karena itu teori kendali mulai banyak dikembangkan agar sistem yang dikendalikan oleh pengendali dapat memenuhi spesifikasi sistem yang diinginkan. Untuk membantu menganalisis dan mengukur tingkat kestabilan dan kesesuaian sistem yang dikendalikan dengan spesifikasi sistem yang diinginkan oleh perancang, maka digunakan model matematika sebagai alat bantu yang dapat mempermudah analisis sistem. Namun dalam praktiknya tidak selalu sesuai dengan teori, hal tersebut umumnya karena perancang sering mengabaikan faktor-faktor penting seperti dinamika sistem pada orde tinggi, kenonlinearitas sebuah sistem, dan faktor ketidakpastian lainnya. Faktor-faktor tersebut merupakan faktor ketidakpastian yang hangat dibicarakan dalam dunia teori kendali. Masalah ketidakpastian ini muncul sejak era teori kendali pascamodern, yaitu saat teori-teori kendali yang sebelumnya dianggap sudah tidak sesuai lagi dengan kenyataan karena tidak dapat membantu menyelesaikan masalah-masalah yang sudah disebutkan sebelumnya.

Ketidakpastian (*Uncertainty*)

Ketidakpastian dalam suatu sistem adalah parameter-parameter yang tidak dapat ditentukan nilai sebenarnya dalam sebuah sistem kendali. Ketidakpastian tidak dapat dihindari namun masih dapat dikelola. Berdasarkan orde sistem, ketidakpastian suatu *plant* dapat digolongkan dalam dua kelompok yaitu ketidakpastian parametrik dan ketidakpastian *unmodeled dynamics*. Ketidakpastian parametrik terjadi saat struktur dari model (termasuk orde) diketahui tapi beberapa atau semua parameter bisa tidak pasti. Pada umumnya, ketidakpastian parametrik terjadi pada sistem dengan orde rendah. Ketidakpastian

unmodeled dynamics muncul akibat kurangnya pengetahuan tentang proses fisik, model kemungkinan memiliki efek dinamika yang terlewatkan (biasanya pada frekuensi tinggi) (Weng dan Ray, 1997). Ada pula yang dinamakan ketidakpastian *lumped* yang biasanya digunakan untuk merepresentasikan satu atau lebih sumber ketidakpastian yang digabungkan menjadi akumulasi gangguan (*perturbation*) (Boers, 1998).

Menurut Larrison (2000), terdapat dua sumber utama dari ketidakpastian, antara lain ketidakpastian sinyal dan ketidakpastian model. Contoh ketidakpastian model adalah parameter yang tidak diketahui, dinamika frekuensi tinggi yang tidak termodelkan, dan kenonlinearitasan yang diabaikan, sedangkan contoh ketidakpastian sinyal adalah gangguan (disturbansi) yang tidak diketahui dan *noise* yang terukur. Sementara itu menurut Alghalith dan Dalal (1999), terdapat dua cara merepresentasikan ketidakpastian ke dalam suatu sistem dalam teori kendali robust, yaitu *multiplicative uncertainty* dan *additive uncertainty*.

Teori Kendali Pascamodern

Pada era pascamodern, peneliti mulai menitikberatkan pada pengembangan teori kendali yang ditujukan untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian. Terdapat dua teori kendali yang cukup terkenal yaitu kendali adaptif dan kendali robust. Baik kendali adaptif maupun kendali robust merupakan teori kendali yang dipercaya dapat memuaskan perancang untuk dapat menyelesaikan masalah ketidakpastian. Kedua teori kendali tersebut memiliki tujuan yang sama, namun pada teori kendali adaptif, pengendali yang dirancang memiliki sifat untuk dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan sekitar. Berbeda dengan kendali adaptif yang cenderung mengikuti dinamika yang muncul dari lingkungan, kendali robust memiliki prinsip agar sistem dapat stabil atau memenuhi kriteria yang diinginkan perancang, dengan syarat masih berada dalam interval yang sudah ditentukan. Dengan kata lain, kendali robust tidak mengubah parameter-parameter sistem. Secara langsung maupun tidak langsung, kendali robust memainkan peran penting dalam kendali adaptif. Sistem yang menggunakan kendali adaptif memerlukan prinsip kendali robust untuk memperkuat sistem. Walaupun kendali adaptif baik digunakan untuk mengatasi berbagai variasi parameter, namun kendali adaptif

hanya dapat bekerja dengan baik pada ketidakpastian yang tak terstruktur (*unstructured uncertainties*). Selain itu, kendali adaptif memiliki masalah dengan perubahan besar yang terjadi secara tiba-tiba pada parameter *plant*. Sementara itu, kendali robust dapat digunakan untuk ketidakpastian yang terstruktur dan tak terstruktur. Oleh karena itu, kendali robust dapat mengatasi perubahan-perubahan mendadak yang terjadi dalam suatu sistem sehingga performansi *plant* dapat menjadi lebih baik.

Kendali Robust

Teori kendali robust telah menjadi objek pada banyak penelitian yang dikembangkan selama 30 tahun terakhir dalam konteks kendali sistem linier. Kendali robust didefinisikan sebagai pengendali yang dapat mengabaikan serta mengatasi berbagai faktor ketidakpastian dan gangguan yang kerap hadir dalam dunia nyata. Kelebihan kendali robust ialah dapat menyelesaikan kasus-kasus sistem linier dan nonlinier yang sebelumnya belum dapat diselesaikan secara optimal. Masalah kenonlinieritasan dinilai penting karena pada kenyataannya kasus-kasus yang sering ditemukan dalam kehidupan nyata berupa kasus sistem nonlinier. Menurut Bevrani *et al.* (1999), keuntungan menggunakan sistem nonlinier antara lain lebih akurat dibandingkan sistem linier klasik. Selain itu, sensitivitas sistemnya rendah sehingga sistem tersebut lebih mudah mengatasi perubahan yang terjadi pada sistem tersebut. Metode kendali robust sekarang telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti dalam pengendalian sistem robot, pesawat, motor, dan lain-lain (Yagiz dan Yuksek, 2001). Oleh karena itu, perlu ada pendalaman tersendiri tentang kendali robust mengingat pentingnya metode itu sekarang ini.

Metode Pendekatan dengan H_2 dan H_∞

Investigasi dari optimisasi metode H_2/H_∞ pada sistem kendali dimulai pada tahun 1979. *Norm* H_2 pada suatu fungsi transfer sistem dapat dikatakan sebagai ukuran performansi robust rata-rata dalam sistem linier, sedangkan H_∞ dinyatakan sebagai ukuran stabilitas robust dengan mempertimbangkan minimasi *infinity norm* dari fungsi sensitivitas SISO sistem *feedback* linier. Secara garis besar,

tujuan pendekatan H_2/H_∞ adalah untuk meminimasi *norm* H_2/H_∞ dari fungsi transfer sistem. Pada desain kendali robust, pertama harus ditentukan ketidakpastian dalam sistem tersebut. Kemudian, dapat dirancang suatu pengendali yang didasarkan pada hubungan dengan ketidakpastian tersebut. Akibatnya, pengendali tersebut dijamin dapat menstabilisasi sistem yang mengalami perturbansi secara robust.

Penggabungan metode H_2 dan H_∞ akan mengoptimalkan perolehan toleransi yang besar dari ketidakpastian. Namun, tidak ada jaminan bahwa toleransi yang besar cukup untuk menutupi semua kemungkinan ketidakpastian. Dengan kata lain, pendekatan H_2/H_∞ tidak dapat menjamin ketegaran (*robustness*) dari pengendali yang dihasilkan. Namun, pendekatan tersebut akan membantu dalam membuat pengendali yang robust (Lin, 2007).

I.2 Identifikasi Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah memaparkan teori dasar kendali robust dan bagaimana aplikasi H_∞ dan H_2 digunakan dalam kendali robust dengan mensimulasikan melalui contoh kasus yang ada menggunakan perangkat lunak MATLAB R2007a dan SIMULINK.

I.3 Perumusan Masalah

Pada Tugas Akhir ini, akan dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penggunaan H_∞ dan H_2 dalam aplikasi kendali robust?
2. Bagaimana mensimulasikan kendali robust pada kasus MDS (*Mass-Damper-Spring*)?

I.4 Tujuan

Tujuan Tugas Akhir ini adalah:

1. Memaparkan dan membandingkan penggunaan H_∞ dan H_2 dalam aplikasi kendali robust.
2. Mensimulasikan contoh kasus yang ada dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2007a dan SIMULINK.

I.5 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan masalah lebih terarah, maka dibatasi sebagai berikut:

1. Hanya membahas perancangan sistem kendali robust dengan menggunakan H_∞ dan H_2 .
2. Pembuatan program untuk mengontrol sistem dalam contoh kasus menggunakan *software* MATLAB.
3. Pengujian sistem menggunakan simulasi dengan memakai *software* SIMULINK.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang yang terdiri atas empat materi bahasan antara lain ketidakpastian (*uncertainty*), teori kendali pascamodern, kendali robust, dan metode pendekatan dengan H_2 dan H_∞ , dilanjutkan dengan identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, serta sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dipaparkan mengenai *norm*, ketidakpastian (*uncertainty*), kendali robust, serta metode pendekatan H_2 dan H_∞ . Uraian mengenai ketidakpastian meliputi pengertian, penggolongan, sumber utama, dan bagaimana cara merepresentasikan ketidakpastian ke dalam suatu sistem. Penjelasan mengenai kendali robust mencakup pengertian, kelebihan, persamaan kendali robust dengan prosedur desain klasik, serta aplikasi yang memanfaatkan metode kendali robust. Sementara itu, metode pendekatan H_2/H_∞ yang dibahas antara lain mengenai pengertian, tujuan, serta keuntungan dan kerugian menggunakannya. Selain itu dijelaskan pula persamaan dan perbedaan kedua metode tersebut.

3. Bab III Langkah Penyelesaian H_2 dan H_∞ .

Bab ini menguraikan langkah-langkah detail penyelesaian suatu kasus yang menggunakan metode pendekatan H_2 dan H_∞ . Langkah penyelesaian yang

ditampilkan merupakan penurunan rumus manual berdasarkan lemma-lemma yang ada untuk membuktikan suatu teorema.

4. Bab IV Studi Kasus

Dalam bab ini diuraikan pemodelan sistem *mass-damper-spring* yang dipilih sebagai contoh kasus aplikasi kendali robust, dilanjutkan dengan perancangan sistem menggunakan kendali robust, serta penyelesaian masalah dengan menggunakan metode pendekatan H_2 dan H_∞ .

5. Bab V Kesimpulan

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan tugas akhir ini.