

ABSTRAK

PENGUNAAN H_2 DAN H_∞

DALAM APLIKASI KENDALI ROBUST

Iman Rizki / 0622043

E-mail: imanrizkis@yahoo.com

**Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri 65
Bandung 40164, Indonesia**

Pengendali robust dapat didefinisikan sebagai desain pengendali yang dalam beberapa tingkatan performansi dari sistem yang dikendalikan dapat mengabaikan masalah ketidakpastian. Kasus-kasus yang sering ditemukan dalam kehidupan nyata berupa sistem nonlinier dan salah satu kelebihan kendali robust ialah dapat menyelesaikan kasus-kasus sistem linier dan nonlinier yang tidak dapat dilakukan sebelumnya secara optimal. Banyak metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi pengendali robust. Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini ialah metode pendekatan H_2 dan H_∞ , sedangkan *plant* yang dijadikan studi kasus ialah sistem *mass-damper-spring* yang merupakan sistem fisik yang dapat dijadikan dasar semua sistem mekanik. Langkah pertama yang dilakukan untuk mencari solusi pengendali ialah dengan menyusun *Generalized Plant*. *Generalized Plant* ialah suatu *plant* yang berupa sistem matriks pada kasus kendali yang di dalamnya sudah terkandung seluruh fungsi *weighting* dan ketidakpastian dari sistem. Solusi pengendali diperoleh dengan menggunakan Robust Control Toolbox pada perangkat lunak MATLAB R2007a. Setelah mendapatkan solusi pengendali lalu diimplementasikan ke dalam diagram kerja SIMULINK. Kemudian respon sistem dibandingkan dengan menggunakan SIMULINK yang diuji dengan nilai perturbasi relatif yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil simulasi, kendali robust dengan menggunakan pendekatan H_∞ dinilai lebih baik daripada kendali robust dengan menggunakan pendekatan H_2 karena respon loop tertutup sistem dengan pengendali H_∞ memiliki waktu *steady* dan dapat mengatasi masalah perturbasi lebih baik daripada pengendali robust dengan pendekatan H_2 .

Kata kunci: kendali robust, metode H_2 , metode H_∞ , *Generalized plant*, *mass-damper-spring*

ABSTRACT

USING H_2 AND H_∞ METHOD

IN ROBUST CONTROL APPLICATION

Iman Rizki / 0622043

E-mail: imanrizkis@yahoo.com

**Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Maranatha Christian University
Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri 65
Bandung 40164, Indonesia**

Robust control can be defined as the design of controller that in some level of performance of the controlled system can neglect the system dynamics in the class that has not been determined. The advantage of robust control is to resolve cases both linear and nonlinear systems that can not be completely solved previously, in fact the cases that often found in real life are nonlinear systems. Many methods can be used to obtain robust solutions. The methods used in this Final Project are the methods of H_2 and H_∞ approaches, while the plant that been used is mass-spring-damper system. The mass-spring-damper system is a simple physical system which is usually learned in the laboratory. The first step to find solutions is arranging the Generalized Plant. The Generalized Plant is a plant in the form of a matrix system in the control case which has already contained all the weighting functions and the uncertainty of the system. Control solutions are obtained by using the Robust Control Toolbox in MATLAB R2007a. After the controller solutions of mass-spring-damper system using H_2 and H_∞ approaches had yielded, the responses in the time domain system of mass-damper-spring compared using SIMULINK features tested by variety values of the relative perturbation. The simulation shows that robust control with H_∞ approach is considered better than using robust control with H_2 approach because it can overcome the disturbance outside the specified range perturbation.

Keywords: robust control, H_2 method, H_∞ method, Generalized plant, mass-damper-spring

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I <u>PENDAHULUAN</u>	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Masalah	4
I.3 Perumusan Masalah.....	4
I.4 Tujuan.....	4
I.5 Pembatasan Masalah	5
I.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II <u>TINJAUAN PUSTAKA</u>	7
II.1 <i>Norm</i> dari Sinyal dan Sistem	7
II.1.1 <i>Norm</i> Vektor sebagai <i>Norm</i> dari Sinyal.....	7
II.1.2 <i>Norm</i> Matriks sebagai <i>Norm</i> dari Sistem.....	8
II.1.3 <i>Norm</i> dari Sistem H_2	8
II.1.4 <i>Norm</i> dari Sistem H_∞	8
II.2 Ketidakpastian (<i>Uncertainty</i>).....	10
II.3 Kendali Robust.....	12
II.3.1 Stabilitas Robust	13
II.3.2 Performansi Robust	17
II.4 Metode H_2 dan H_∞	18

II.4.1	<i>Generalized Plant (G_p)</i>	18
II.4.2	Metode Pendekatan H_2	20
II.4.3	Metode Pendekatan H_∞	22
II.4.4	Perbandingan Metode Pendekatan H_2 dan H_∞	24
BAB III <u>LANGKAH PENYELESAIAN H_2 DAN H_∞</u>		25
III.1	Pemodelan Sistem	25
III.2	Penentuan Parameter Ketidakpastian	25
III.3	Penentuan Spesifikasi Kinerja <i>Loop</i> Tertutup	26
III.4	Penetapan Fungsi <i>Weighting</i>	27
III.5	Sistem Interkoneksi	27
III.6	Penentuan Kasus <i>Generalized Plant</i>	27
III.7	Mencari Solusi Pengendali dengan Menggunakan Metode H_2/H_∞	30
BAB IV <u>STUDI KASUS</u>		31
IV.1	Pemodelan Sistem <i>Mass-Damper-Spring</i>	31
IV.2	Penentuan Parameter Ketidakpastian	32
IV.3	Penentuan Spesifikasi Kinerja Sistem <i>Loop</i> Tertutup dan Penetapan Fungsi <i>Weighting</i>	37
IV.3.1	Stabilitas dan Performansi Nominal	37
IV.3.2	Stabilitas Robust	38
IV.3.3	Performansi Robust	38
IV.4	Sistem Interkoneksi	41
IV.5	Desain Pengendali Optimal H_2	43
IV.6	Desain Pengendali Suboptimal H_∞	43
IV.7	Analisis Respon Waktu Sistem <i>Loop</i> Tertutup dengan K_{H2} dan K_{hin}	44

BAB V_KESIMPULAN.....	51
V.1 Kesimpulan	51
V.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN A: <i>Syntax</i> MATLAB yang Digunakan.....	56
LAMPIRAN B: <i>Diagram Kerja</i> SIMULINK.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Interkoneksi <i>feedback</i> antara ϕ dan M	11
Gambar 2.2. Sistem dengan <i>noise</i> dan ketidakpastian <i>unmodeled dynamics</i>	11
Gambar 2.3. Diagram Nyquist untuk stabilitas robust	14
Gambar 2.4. <i>Loop M – Δ</i> untuk analisis stabilitas robust.....	15
Gambar 2.5. Stabilitas robust pada <i>plant</i> dengan <i>additive uncertainty</i>	15
Gambar 2.6. Stabilitas robust pada <i>plant</i> dengan <i>multiplicative uncertainty</i>	16
Gambar 2.7. Stabilitas robust dengan ketidakpastian <i>feedback</i> yang masuk setelah <i>plant</i>	16
Gambar 2.8. Stabilitas robust dengan ketidakpastian <i>feedback</i> yang masuk sebelum <i>plant</i>	17
Gambar 2.9. Struktur <i>generalized plant</i> dengan pengendali	19
Gambar 2.10. Struktur <i>loop</i> umum dalam metode H_2	21
Gambar 2.11. Struktur <i>loop</i> umum dalam metode H_∞	22
Gambar 3.1. Representasi ketidakpastian dalam <i>Generalized plant</i>	26
Gambar 3.2. Hubungan antara kasus FI dan DF	29
Gambar 4.1. Sistem <i>mass-damper-spring</i>	31
Gambar 4.2. Diagram blok sistem <i>mass-damper-spring</i>	32
Gambar 4.3. Representasi parameter ketidakpastian sebagai LFT	33
Gambar 4.4. Diagram blok sistem <i>mass-damper-spring</i> dengan parameter ketidakpastian.....	35
Gambar 4.5. Diagram blok <i>input/output</i> dari sistem <i>mass-damper-spring</i>	35
Gambar 4.6. Representasi LFT dari sistem <i>mass-damper-spring</i> dengan ketidakpastian.....	37

Gambar 4.7. Struktur sistem <i>loop</i> tertutup.....	39
Gambar 4.8. Diagram Bode fungsi <i>weighting</i> untuk performansi sistem	40
Gambar 4.9. Diagram Bode fungsi <i>weighting</i> untuk sinyal kendali	40
Gambar 4.10. Struktur sistem <i>loop</i> terbuka	41
Gambar 4.11. Diagram blok sederhana sistem <i>loop</i> terbuka	41
Gambar 4.12. Struktur sistem <i>loop</i> tertutup.....	42
Gambar 4.13. <i>Loop</i> tertutup LFT pada desain H_2	43
Gambar 4.14. <i>Loop</i> tertutup LFT pada desain H_∞	44
Gambar 4.15. Respon sistem dengan pulsa kotak selama 2 detik.....	45
Gambar 4.16. Respon sistem dengan pulsa kotak periodik.....	46
Gambar 4.17. Respon sistem dengan sinyal sinusoidal (frekuensi = 1.055 rad/det)	47
Gambar 4.18. Respon sistem dengan sinyal sinusoidal (frekuensi resonan= 0.816 rad/det)	47
Gambar 4.19. Perbandingan respon loop tertutup dengan pengendali H_2 dan H_∞ , dengan bermacam-macam nilai perturbasi.....	49
Gambar 4.20. Perbandingan respon sinyal kontrol dengan pengendali H_2 dan H_∞	49