



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN DAN SIMULASI MOBILE ROBOT
TIPE TRUK-TRAILER MENGGUNAKAN SISTEM KENDALI
*LMI-BASED FUZZY***

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

AHYAR M

0706305261

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS INDONESIA

JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : AHYAR M

NPM : 0706305261

Tanda tangan :



Tanggal : 08 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Ahyar M
NPM : 0706305261
Program studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan dan Simulasi Mobile Robot Tipe
Truk-Trailer Menggunakan Sistem Kendali
LMI-based Fuzzy

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

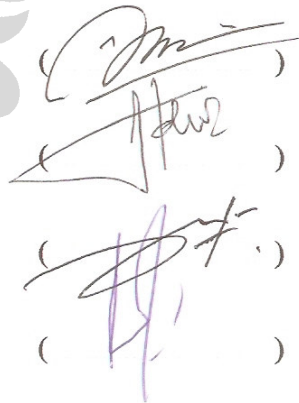
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Muis, ST, M.Eng.

Pembimbing : Dr. Abdul Halim, M.Eng.

Penguji : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng.

Penguji : Ir. Aries Subiantoro, M.SEE.



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 08 Juli 2010

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, puji syukur atas segala karunia dan petunjuk dari Allah SWT, karena atas karunia-Nya jualah tesis ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Muis S.T., M.Eng, dan Bapak Dr. Abdul Halim, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis selama penyusunan tesis ini,
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan yang tak henti-hentinya,
3. Sahabat dan rekan-rekan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Dan semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahyar M
NPM : 0706305261
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

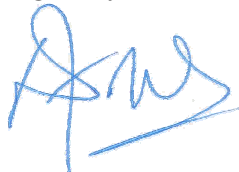
demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perancangan dan Simulasi Mobile Robot Tipe Truk-Trailer Menggunakan Sistem Kendali LMI-based Fuzzy

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 8 Juli 2010
Yang menyatakan



(Ahyar M)

ABSTRAK

Nama : Ahyar M
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan dan Simulasi Mobile Robot Tipe Truk-Trailer
Menggunakan Sistem Kendali LMI-based Fuzzy

Tesis ini membahas penurunan model fuzzy Takagi-Sugeno dari sistem truk dengan tiga trailer, dan perancangan pengendali fuzzy dengan menggunakan konsep *parallel distributed compensation* (PDC). Analisa masalah kestabilan dan disain pengendali menggunakan algoritma optimisasi linear matrix inequality (LMI), dengan meninjau kondisi yang melibatkan kestabilan, *constraint* pada input dan output, dan kondisi awal independen. Validasi model dengan indikator kinerja *variance accounted for* (VAF) menunjukkan bahwa model fuzzy yang dibuat menunjukkan kesesuaian yang sangat baik terhadap model nonlinear. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengendali fuzzy memperlihatkan kemampuan pengendalian yang baik sesuai sasaran pengendalian yakni menggerakkan truk-trailer dalam arah maju dengan memberikan titik acuan yang akan dicapai oleh truk-trailer.

Kata Kunci :

Constraint, LMI, model fuzzy Takagi-Sugeno, PDC, pengendali fuzzy, sistem nonlinear, sistem truk-trailer, VAF

ABSTRACT

Name : Ahyar M
Study Program : Electrical Engineering
Title : Modelling and simulation of Truck-Trailer Mobile Robot by using LMI-based Fuzzy Control

This thesis describes modelling of Takagi - Sugeno fuzzy model from the non linear system of truck-trailer and design of model based fuzzy controller utilizing the concept of parallel distributed compensation. The stability analysis and control design problems are reduced to linear of matrix inequality (LMI) problems. In applying the LMI-based fuzzy control design to the truck-trailer model system, this thesis investigated design condition involving stability, constraint on the input and output, and initial state independent condition. Validation of model Fuzzy T-S derived from the non linear system Truck-Trailer yields good performances indicator by using performance parameters 'variance accounted for' (VAF). The simulation results show that the design fuzzy controller can effectively achieved the control objectives i.e. to drive forward the truck-trailer into the straight line that was carried out by giving a reference point that will be followed by truck-trailer.

Key words:

Constraint, fuzzy controller, LMI, PDC, nonlinear system, Takagi-Sugeno fuzzy model, truck-trailer system, VAF

DAFTAR ISI

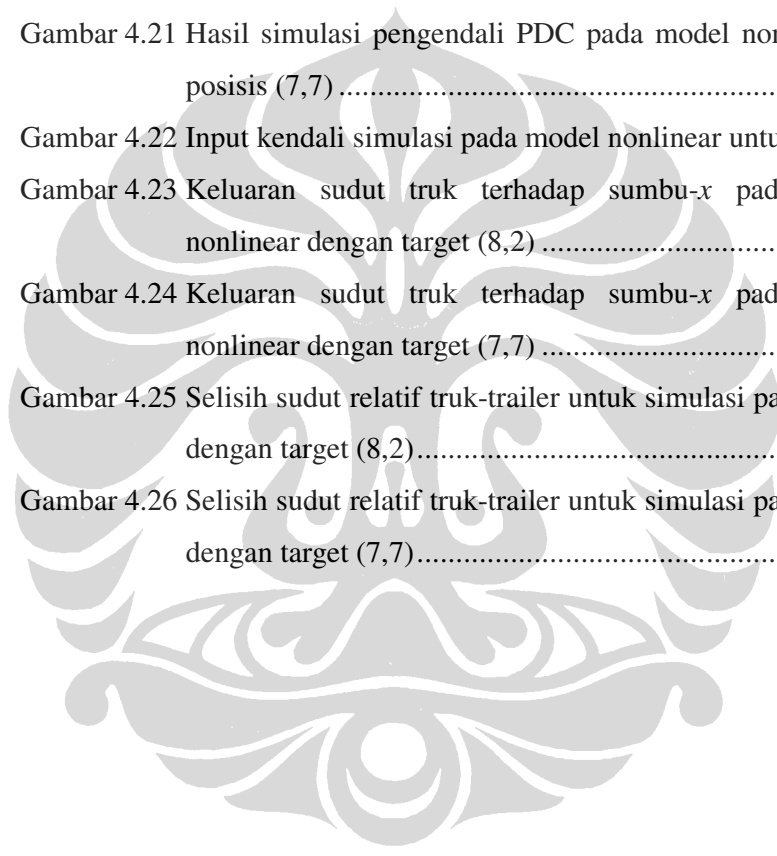
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	4
2.1 Model Fuzzy Takagi Sugeno	4
2.2 Pengendali Fuzzy	6
2.3 Analisa Kestabilan Sistem Fuzzy.....	8
2.4 <i>Linear Matrix Inequality</i>	9
2.5 Model Kinematik Mobile Robot Tipe Truk-Trailer.....	10
2.6 Pemodelan Fuzzy Sistem truk-Trailer.....	13
2.6.1 Penurunan Model Linear Fuzzy Takagi-Sugeno.....	14
2.6.2 Uji <i>Controllability</i>	21
2.6.3 Validasi Model	22
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....	26
3.1 Perancangan Pengendali PDC pada Sistem Truk-Trailer.....	26
3.2 Disain 1: Pengendali Stabil.....	27
3.3 Disain 2: Pengendali Stabil dengan <i>Constraint</i> pada Input	31

3.4 Desain 3: Pengendali Stabil dengan <i>Constraint</i> pada Input dan Output.....	33
3.5 Desain 4: Pengendali Stabil dengan <i>Initial State Independent</i>	34
3.6 Validasi Hasil Optimisasi LMI	36
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA	39
4.1 Simulasi Pengendali PDC pada Model Fuzzy	39
4.1.1 Hasil Simulasi untuk Disain Pengendali Stabil	40
4.1.2 Hasil Simulasi untuk Disain dengan <i>Constraint</i> Input	41
4.1.3 Hasil Simulasi untuk Disain dengan Nilai Awal Independen	44
4.2 Simulasi Pengendali PDC pada Model Kinematis.....	48
BAB 5 KESIMPULAN	56
DAFTAR REFERENSI	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN A	61
A1. Daftar Singkatan.....	61
A2. Daftar Simbol.....	61
LAMPIRAN B.....	63
B1. Pembuktian Persamaan 2.21	63
B2. Pembuktian Persamaan 2.22	64
B3. Pembuktian Persamaan 2.23	65
LAMPIRAN C.....	67
C1. Simulink Diagram - Validasi.....	67
C2. Simulink Diagram: Simulasi PDC – Model Fuzzy	68
C3. Simulink Diagram: Simulasi PDC – Model Kinematik Truk-Trailer	68
C4. Simulink Diagram: PDC Subsistem	69
C5. Simulink Diagram: Model Fuzzy Subsistem	70
C3. Simulink Diagram: Model Kinematik Subsistem.....	71
LAMPIRAN D	72
C1. MATLAB Source Code : Weight Factor	72
C2. MATLAB Source Code : pdc.m.....	73
C2. MATLAB Source Code : lmi_basic.m	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Disain kendali berbasis model fuzzy	6
Gambar 2.2	Sistem robot bergerak tipe truk dengan 3 trailer	12
Gambar 2.3	Grafik $\sin x_1$ dan daerah batasannya.....	16
Gambar 2.4	Fungsi keanggotaan	19
Gambar 2.5	Perbandingan keluaran (x_0 dan y_0) untuk input u_1 dan u_2 berupa nilai acak	22
Gambar 2.6	Perbandingan keluaran (x_0 dan y_0) dengan input u_1 berupa fungsi <i>step</i> dan u_2 berupa fungsi <i>random</i>	23
Gambar 2.7	Perbandingan keluaran (x_0 dan y_0) untuk input u_1 berupa konstanta dan u_2 berupa fungsi <i>random</i>	24
Gambar 3.1	Implementasi <i>LMI Lab</i> pada disain kendali fuzzy	27
Gambar 3.2	<i>Graphical user interface</i> LMI editor	30
Gambar 4.1	Simulink diagram untuk simulasi PDC pada sistem linear.....	39
Gambar 4.2	Simulink diagram pengendali PDC	40
Gambar 4.3	Keluaran x_0 dan y_0 untuk desain pengendali stabil	40
Gambar 4.4	Input kendali untuk desain pengendali stabil	41
Gambar 4.5	Keluaran x_0 dan y_0 untuk desain <i>input constraint</i>	42
Gambar 4.6	Masukan u_1 dan u_2 untuk desain <i>input constraint</i>	42
Gambar 4.7	Keluaran x_0 dan y_0 untuk desain <i>input constraint</i> untuk target $x_c=7$, $y_c=7$	43
Gambar 4.8	Masukan u_1 dan u_2 untuk desain <i>input constraint</i> untuk target $x_c=7$, $y_c=7$	43
Gambar 4.9	Output untuk target $x_c=7$, $y_c=7$	44
Gambar 4.10	Masukan u_1 dan u_2 untuk desain dengan nilai awal independen.....	45
Gambar 4.11	Output untuk target $x_c=8$, $y_c=2$	45
Gambar 4.12	Masukan u_1 dan u_2 untuk desain dengan nilai awal independen.....	46
Gambar 4.13	Keluaran sudut truk terhadap sumbu- x	47
Gambar 4.14	Selisih sudut relatif antara truk-trailer1, dan antara trailer yang berdekatan	47
Gambar 4.15	Simulink diagram untuk simulasi PDC pada model nonlinear	48

Gambar 4.16 Hasil simulasi pengendali stabil pada model nonlinear.....	49
Gambar 4.17 Masukan u_1 (kecepatan) untuk simulasi pengendali stabil pada model nonlinear	49
Gambar 4.18 Masukan u_2 (sudut kemudi) untuk simulasi pengendali stabil pada model nonlinear	50
Gambar 4.19 Hasil simulasi pengendali PDC pada model nonlinear untuk posisi target (8,2).....	50
Gambar 4.20 Input kendali simulasi pada model nonlinear untuk target (8,2).....	51
Gambar 4.21 Hasil simulasi pengendali PDC pada model nonlinear untuk target posisis (7,7)	52
Gambar 4.22 Input kendali simulasi pada model nonlinear untuk target (7,7).....	52
Gambar 4.23 Keluaran sudut truk terhadap sumbu- x pada simulasi model nonlinear dengan target (8,2)	53
Gambar 4.24 Keluaran sudut truk terhadap sumbu- x pada simulasi model nonlinear dengan target (7,7)	53
Gambar 4.25 Selisih sudut relatif truk-trailer untuk simulasi pada model nonlinear dengan target (8,2).....	54
Gambar 4.26 Selisih sudut relatif truk-trailer untuk simulasi pada model nonlinear dengan target (7,7).....	54



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Representasi variabel keadaan dan variabel input	14
Tabel 2.2	Parameter-parameter dalam pemodelan sistem truk-trailer.....	20
Tabel 2.3	VAF model fuzzy T-S untuk beberapa data masukan.....	25
Tabel 3.1	Dimensi matriks	36
Tabel 3.2	Nilai eigen matriks	37
Tabel 3.3	Nilai determinan <i>leading principal submatriks</i>	37

