

DESAIN SISTEM KONTROL ROBUST PADA KOLOM DISTILASI DENGAN METODA μ ANALYSIS

Gunawan/ 0622113

Email : wanwan_cloud17@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri 65

Bandung 40164, Indonesia

ABSTRAK

Sistem kolom distilasi merupakan sebuah proses fisika yang banyak digunakan di industri kimia ataupun industri perminyakan. Tujuan dari proses ini adalah untuk memisahkan sebuah campuran berdasarkan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) suatu unsur. Dalam memodelkan suatu sistem kolom distilasi sulit didapatkan model yang ideal, karena model yang ideal menyebabkan orde yang tinggi dan sistem tersebut non linier. Pereduksian dari orde yang tinggi akan memunculkan masalah *unmodeled dynamics* dan *uncertainty factors* yang bisa menyebabkan penurunan kinerja atau bahkan ketidakpastian pada sistem kontrol.

Kontrol robust dengan μ analysis menjadi metode kontrol yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Metode ini digunakan karena dalam perancangannya menyertakan *unmodeled dynamics* dan *uncertainty factors* dalam model sehingga diharapkan mampu mengatasi masalah-masalah yang bisa timbul akibat kedua faktor tersebut.

Berdasarkan hasil simulasi, kontrol robust dengan μ analysis terbukti berhasil untuk mengatasi ketidakpastian dan gangguan yang telah dimodelkan. Sinyal kontrolnya juga tetap stabil. Sedangkan untuk ketidakpastian dan gangguan di luar spesifikasi, kontrol robust dengan μ analysis masih dapat mengatasinya. Simulasi juga menunjukkan kontrol robust dengan μ analysis lebih baik dari H_∞ dalam hal kerobustan dan tingkat akurasi.

Kata Kunci : kolom distilasi, ketidakpastian, kontrol robust, μ analysis

ROBUST CONTROL SYSTEM DESIGN OF COLUMN DISTILLATION USING μ ANALYSIS METHOD

Gunawan/ 0622113

Email : wanwan_cloud17@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri 65

Bandung 40164, Indonesia

ABSTRACT

Distillation column system is physical process that is widely used in chemical industries or petroleum industries. The purpose of this process is to separate a mixture based on the speed or evaporating rate (volatility) of an element. Modeling of an ideal distillation columns system will results in a very high order and non liniear model. This model is not suitable for control design purpose, therefor a reduced order model is necessary. However, reduction of high order will bring up the issue unmodeled dynamics and uncertainty factors which can cause performance degradation or even uncertainty control system.

μ analysis robust control is used in this Final Project. This method is used because in designing, unmodeled dynamics and uncertainty factors are considered. It expected, this controller can overcome the problems that arise due to these factors.

The simulations result shows that μ analysis robust control can overcome the uncertainty and disturbances that has been modeled successfully. Control signals also remain stable. As for the uncertainty and disturbances outside the specification, robust control with μ analysis still be cope. The simulations is also shows that μ analysis robust control is better than H_∞ in term of robustness and accuracy.

Keywords : distillation column, uncertainty, robust control, μ analysis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI KOLOM DISTILASI.....	7
II.1 Tinjauan Umum.....	7
II.2 Macam-Macam Distilasi.....	8
II.3 Bagian-Bagian Kolom Distilasi.....	9
II.4 Prinsip Umum Kolom Distilasi.....	11
II.5 Diagram Titik Didih dan Diagram Keseimbangan	14
II.6 Persamaan Matematis Kolom Distilas	16
BAB III TEORI KONTROL ROBUST	22
III.1 Memodelkan Ketidakpastian Sistem	22
III.1.1 Ketidakpastian yang Tidak Terstruktur	22
III.1.2 Ketidakpastian Parametrik	25
III.1.3 <i>Linear Fractional Transformation (LFT)</i>	26

III.2	Spesifikasi Perancangan Robust	28
III.2.1	Pertimbangan Kinerja	28
III.2.2	Nilai Singular Terstruktur	30
III.3	μ -Analysis dan synthesis.....	34
III.3.1	Pertimbangan Kinerja Robust	35
III.3.2	Metode D-K <i>Iteration</i>	37
BAB IV	PERANCANGAN SISTEM KOLOM DISTILASI DENGAN PENGONTROL ROBUST.....	40
IV.1	Prosedur Perancangan Sistem Kolom Distilasi dengan Pengontrol Robust.....	40
IV.2	Memodelkan Dinamika Kolom Distilasi dengan Ketidakpastiannya	41
	Model Kolom Distilasi Dengan Orde 82	41
	Linierisasi Model Kolom Distilasi dengan Orde 82	44
	Menskalakan Model	44
	Mereduksi Model Menjadi Orde 6	45
	Memodelkan Ketidakpastian	46
IV.3	Mencari Solusi Pengontrol Robust.....	49
	Spesifikasi Kinerja dari Sistem Loop Tertutup	49
	Fungsi Pembobotan Kinerja dan Aksi Kontrol	49
	Fungsi Pembobotan <i>Noise</i>	53
	Interkoneksi Sistem Loop Terbuka	54
	Mencari Solusi Pengontrol Menggunakan Metoda μ -Analysis	55
BAB V	SIMULASI DAN ANALISIS	57
V.1	Simulasi 1 : Plant dengan ketidakpastian dalam batas-batas yang sesuai dengan desain.....	58
V.2	Simulasi 2 : Plant dengan ketidakpastian di luar batas-batas yang sesuai dengan desain	62
V.3.	Simulasi 3 : Perbandingan Kinerja μ Analysis dengan H_{∞}	66

V.4 Simulasi 4 : Batas Kerobustan μ -Analysis	77
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	83
VI.1 Simpulan	83
VI.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN A PROGRAM MATLAB	
LAMPIRAN B SIMULINK DARI SISTEM KOLOM DISTILASI	

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1	Notasi Kolom Distilasi.....	43
Tabel IV.2	Data Kolom Distilasi.....	43
Tabel V.1	Variasi Gangguan.....	57
Tabel V.2	Variasi Gangguan.....	62
Tabel V.3	Variasi Gangguan.....	66
Tabel V.4	Perbandingan Kinerja.....	77
Tabel V.5	Variasi Gangguan.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Diagram Blok Sistem.....	3
Gambar II.1	Kolom Distilasi Secara Sederhana.....	11
Gambar II.2	Kolom Distilasi dengan N Tray.....	13
Gambar II.3	Diagram Titik Didih.....	14
Gambar II.4	Kurva Kestimbangan Uap-Cair.....	15
Gambar II.5	Sistem Kolom Distilasi.....	16
Gambar III.1	<i>Additive Perturbation</i>	23
Gambar III.2	<i>Inverse Additive Perturbation</i>	23
Gambar III.3	<i>Input Multiplicative Perturbation</i>	23
Gambar III.4	<i>Output Multiplicative Perturbation</i>	24
Gambar III.5	<i>Inverse Input Multiplicative Perturbation</i>	24
Gambar III.6	<i>Inverse Output Multiplicative Perturbation</i>	24
Gambar III.7	Konfigurasi Standar M- Δ	26
Gambar III.8	Konfigurasi LLFT	27
Gambar III.9	Konfigurasi Loop Tertutup G dan K	28
Gambar III.10	Konfigurasi Standar M- Δ	35
Gambar III.11	Konfigurasi Standar M- Δ dengan analisi Δ_p	36
Gambar III.12	Konfigurasi Standar M- Δ dengan K	38
Gambar IV.1	Sistem Kolom Distilasi	42
Gambar IV.2	Nilai singular dari G dan G_4	46
Gambar IV.3	Kolom Distilasi dengan <i>input Multiplicative Uncertainty</i>	47
Gambar IV.4	Pendekatan dari Ketidakpastian <i>Time Delay</i>	48
Gambar IV.5	Struktur Interkoneksi Loop Tertutup dari Sistem Kolom Distilasi	50
Gambar IV.6	Respon Frekuensi Model M.....	51
Gambar IV.7	Invers dari Fungsi Pembobotan Kinerja	52
Gambar IV.8	Fungsi Pembobotan Aksi Kontrol	53

Gambar IV.9	Fungsi Pembobotan <i>Noise</i>	54
Gambar IV.10	Interkoneksi Sistem Loop Terbuka Kolom Distilasi.....	55
Gambar IV.11	Diagram Skematik Interkoneksi Loop Terbuka	55
Gambar V.1	Hasil Simulasi 1 untuk Respon Komposisi y_D	58
Gambar V.2	Hasil Simulasi 1 untuk Respon Komposisi x_B	59
Gambar V.3	Hasil Simulasi 1 untuk Sinyal Kontrol u_1	60
Gambar V.4	Hasil Simulasi 1 untuk Sinyal Kontrol u_2	61
Gambar V.5	Hasil Simulasi 2 untuk Respon Komposisi y_D	62
Gambar V.6	Hasil Simulasi 2 untuk Respon Komposisi x_B	63
Gambar V.7	Hasil Simulasi 2 untuk Sinyal Kontrol u_1	64
Gambar V.8	Hasil Simulasi 2 untuk Sinyal Kontrol u_2	65
Gambar V.9	Hasil Perbandingan simulasi1.2 untuk Respon Komposisi y_D	67
Gambar V.10	Hasil Perbandingan simulasi1.4 untuk Respon Komposisi y_D	67
Gambar V.11	Hasil Perbandingan simulasi1.2 untuk Respon Komposisi x_B	68
Gambar V.12	Hasil Perbandingan simulasi1.4 untuk Respon Komposisi x_B	68
Gambar V.13	Hasil Perbandingan simulasi1.2 untuk Sinyal Kontrol u_1	69
Gambar V.14	Hasil Perbandingan simulasi1.4 untuk Sinyal Kontrol u_1	70
Gambar V.15	Hasil Perbandingan simulasi1.2 untuk Sinyal Kontrol u_2	70
Gambar V.16	Hasil Perbandingan simulasi 1.4 untuk Sinyal kontrol u_2	71
Gambar V.17	Hasil Perbandingan simulasi 2.3 untuk Respon Komposisi y_D	72
Gambar V.18	Hasil Perbandingan simulasi 2.4 untuk Respon Komposisi y_D	72
Gambar V.19	Hasil Perbandingan simulasi 2.3 untuk Respon Komposisi x_B	73
Gambar V.20	Hasil Perbandingan simulasi 2.4 untuk Respon Komposisi x_B	73
Gambar V.21	Hasil Perbandingan simulasi 2.3 untuk Sinyal Kontrol u_1	74
Gambar V.22	Hasil Perbandingan simulasi 2.4 untuk Sinyal Kontrol u_1	75
Gambar V.23	Hasil Perbandingan simulasi 2.3 untuk Sinyal Kontrol u_2	76
Gambar V.24	Hasil Perbandingan simulasi 2.4 untuk Sinyal Kontrol u_2	76
Gambar V.25	Hasil Simulasi 4.1 untuk Respon Komposisi y_D	78
Gambar V.26	Hasil Simulasi 4.1 untuk Respon Komposisi x_B	78

Gambar V.27	Hasil Simulasi 4.1 untuk Sinyal Kontrol u_1	79
Gambar V.28	Hasil Simulasi 4.1 untuk Sinyal Kontrol u_2	79
Gambar V.29	Hasil Simulasi 4.2 untuk Komposisi y_D	80
Gambar V.30	Hasil Simulasi 4.2 untuk Komposisi x_B	81
Gambar V.31	Hasil Simulasi 4.2 untuk Sinyal Kontrol u_1	81
Gambar V.32	Hasil Simulasi 4.2 untuk Sinyal Kontrol u_2	82