

# Perancangan Kontroler PID pada *Virtual Plant* Pesawat Menggunakan PLC Melalui Antarmuka dSPACE

**Nama : Edwards Lie**

**NRP : 1022046**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha

Jln. Prof. Drg. Surya Sumantri, MPH No. 65, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

**E-Mail: anatolialevant@windowslive.com**

## ABSTRAK

Pesawat terbang merupakan teknologi transportasi baru yang cukup kompleks untuk dikendalikan karena bekerja pada lingkungan yang labil dan dapat berubah mendadak setiap saat. Salah satu kontroler yang dapat digunakan untuk mengontrol pesawat terbang adalah kontroler PID. Namun, perancangan kontroler PID ini tidak mudah karena pesawat terbang merupakan *plant* yang kompleks. Oleh karena itu, simulasi mempermudah proses perancangan kontroler tanpa harus memiliki pesawat terbang yang sebenarnya. PLC digunakan sebagai kontroler untuk mempermudah implementasi fisik.

Pada Tugas Akhir ini, dirancang kontroler PID menggunakan metode *Robust PID Tuning*. Penalaan dilakukan dengan melepas sifat integral alami dari *virtual plant* karena *Robust PID Tuning* tidak dapat digunakan untuk menala kontroler dengan *plant* yang bersifat integral. Kemudian, hasil *Robust PID Tuning* diimplementasikan pada sistem simulasi menggunakan MATLAB SIMULINK. Setelah diimplementasikan pada MATLAB SIMULINK dan parameter PID-nya ditala kembali, hasil parameter PID yang diperoleh digunakan untuk implementasi kontroler PID pada PLC. Melalui proses penalaan *trial and error* dikombinasikan dengan dari *Robust PID Tuning* sebagai nilai awal, dapat diperoleh nilai  $K_c$  sebesar 2.0,  $T_i$  sebesar 1.2263, dan  $T_d$  sebesar 1.0.

*Kata Kunci: dSPACE, PLC, Robust PID Tuning, PID Control*

# **Design of PID Controller on Aeroplane Virtual Plant Using PLC By dSPACE Interface**

**Name : Edwards Lie**

**NRP : 1022046**

Electrical Engineering Departement, Maranatha Christian University  
Jln. Prof. Drg. Surya Sumantri, MPH No. 65, Bandung, West Java, Indonesia

**E-Mail: anatolialevant@windowslive.com**

## **ABSTRACT**

Aeroplane is a new Transport Technology that is quite complex to control because of the volatile and rapidly changing environment it worked on. One of the controller that can be used to control aeroplane is PID controller. However, the design of PID controller for aeroplane is not easy due to the fact that aeroplane is a very complex plant. Therefore, simulation eases the designing process of the controller without have to have the physical aeroplane itself. PLC was used as a controller for simple physical implementation.

On this Final Project, the PID controller was designed using Robust PID Tuning method. Tuning was done by removing the natural integral characteristic from the virtual plant because Robust PID Tuning method was unable to tune the controller for plant with natural integral characteristic. Next, the result from Robust PID Tuning was implemented at simulation system using MATLAB SIMULINK. After being implemented at MATLAB SIMULINK and its PID parameter tuned, the result obtained was used to implement a PID controller in PLC. By trial and error tuning process combined with Robust PID Tuning as initial value, it was obtained that  $K_c$  is equal to 2.0,  $T_i$  is equal to 1.2263 and  $T_d$  is equal to 1.0

*Keywords: dSPACE, PLC, Robust PID Tuning, PID Control*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	2
I.4. Batasan Masalah.....	2
I.5. Spesifikasi Alat.....	3
I.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
II.1. <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	5
II.1.1. Turunan Kestabilan Longitudinal.....	8
II.1.2. Penurunan Parameter Aerodinamis.....	10
II.1.3. Perhitungan Parameter Model <i>Virtual</i> Pesawat.....	14
II.2. <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC).....	15
II.3. Sistem Akuisisi Data.....	17
II.3.1. <i>Multiplexing</i> dan <i>Demultiplexing</i> .....	18
II.3.2. Rangkaian <i>Sample and Hold</i> .....	18
II.3.3. Konversi Analog ke Digital.....	19
II.3.3.1. ADC Bipolar.....	21
II.4.3.2. Jenis-Jenis ADC.....	21
II.3.4. Konversi Digital ke Analog.....	22

II.3.5. dSPACE DS1104.....	23
II.3.6. Perangkat Lunak dSPACE ControlDesk.....	24
II.4. Sistem Kontrol <i>Loop</i> Tertutup.....	26
II.4.1. Kontroler.....	26
II.4.1.1. Kontroler Proporsional.....	27
II.4.1.2. Kontroler Integral.....	27
II.4.1.3. Kontroler Derivatif.....	28
II.4.1.4. Kontroler PID.....	29
II.5. Penalaan PID.....	29
II.5.1. Metode Ziegler-Nichols.....	30
II.5.2. Metode <i>Robust</i> PID.....	32
II.5.3. Metode <i>Trial and Error</i> .....	35
 BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....	 36
III.1. Perancangan Sistem Pengontrolan <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Menggunakan PLC Melalui Antarmuka dSPACE.	36
III.2. Perancangan Kontroler PID Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	38
 BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA.....	 46
IV.1. Implementasi Sistem Pengontrolan <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Menggunakan PLC Melalui Antarmuka dSPACE.	46
IV.2. Implementasi dan Hasil Pengujian Kontroler PID Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	48
IV.2.1. Hasil Pengujian Kontroler PID Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	52
IV.3. Implementasi dan Hasil Pengujian Kontroler PID Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Menggunakan PLC.....	54
IV.3.1. Konfigurasi Program PLC Pada Siemens S7-1214 Menggunakan TIA Portal.....	59

IV.3.2. Konfigurasi Perangkat Lunak dSPACE	
ControlDesk.....	68
IV.3.3. Hasil Pengujian Kontroler PID Pada <i>Virtual Plant</i>	
Pesawat Terbang Menggunakan PLC.....	80
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 86
V.1. Kesimpulan.....	86
V.2. Saran.....	87
 DAFTAR PUSTAKA.....	 88
 LAMPIRAN A <i>Datasheet</i> dSPACE DS1104	
LAMPIRAN B <i>Datasheet</i> PLC Siemens S7-1214 DC/DC/DC	
LAMPIRAN C <i>Datasheet</i> Modul Masukan Analog Siemens SM1231	
LAMPIRAN D <i>Datasheet</i> Modul Keluaran Analog Siemens SM1232	
LAMPIRAN E Program dSPACE DS1104 pada MATLAB SIMULINK	
LAMPIRAN F Program PLC Pada Siemens S7-1214	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Distribusi Gaya yang Mempengaruhi Gerak Longitudinal Pesawat Terbang.....	5
Gambar 2.2	Ilustrasi Efek Arah Gaya Pesawat Pada Gerakan Pesawat Terbang.....	6
Gambar 2.3	Arah-Arah Sumbu X, Y, dan Z Untuk Merepresentasikan Gaya Aerodinamika Pesawat Terbang.....	7
Gambar 2.4	Salah Satu PLC yang Ada di Pasaran.....	16
Gambar 2.5	Contoh <i>Ladder Diagram</i> .....	17
Gambar 2.6	Kartu Akuisisi Data dSPACE DS1104.....	24
Gambar 2.7	<i>Library</i> RTI dSPACE DS1104 Pada MATLAB SIMULINK.....	25
Gambar 2.8	<i>Library</i> RTI dSPACE DS1104 Pada MATLAB SIMULINK.....	25
Gambar 2.9	Diagram Sistem Kontrol <i>Loop</i> Tertutup.....	26
Gambar 2.10	Sistem Pengujian Untuk Metode Ziegler-Nichols 1.....	30
Gambar 2.11	Analisa Kurva S Untuk Metode Ziegler-Nichols 1.....	31
Gambar 2.12	Sistem Pengujian Untuk Metode Ziegler-Nichols 2.....	31
Gambar 2.13	Analisa Respon Metode Ziegler-Nichols 2.....	32
Gambar 3.1	Diagram Konfigurasi Sistem.....	37
Gambar 3.2	Diagram Blok Konfigurasi Sistem.....	37
Gambar 3.3	Diagram Sistem <i>Loop</i> Tertutup Yang Akan Digunakan.....	38
Gambar 3.4	<i>Flowchart</i> Proses Perancangan Penalaan Pengontrol PID Untuk <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	39
Gambar 3.5	Hasil Pengujian Ziegler-Nichols 1 Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	39
Gambar 3.6	Hasil Pengujian Ziegler-Nichols 2 Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	40
Gambar 3.7	<i>Bode Plot</i> dari <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	41

Gambar 3.8	Hasil Pengujian Ziegler-Nichols 1 Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Tanpa Sifat Integral Alaminya.....	43
Gambar 3.9	Hasil Pengujian Ziegler-Nichols 2 Pada <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Tanpa Sifat Integral Alaminya.....	43
Gambar 3.10	<i>Bode Plot</i> dari <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang.....	44
Gambar 4.1	Gambar Diagram Pengkabelan dan Koneksi Antara PLC dengan dSPACE.....	46
Gambar 4.2	Foto Koneksi ADC dan DAC dari dSPACE DS1104 Melalui <i>Breakout Box</i> CLP1104.....	47
Gambar 4.3	Foto Koneksi Modul Masukan dan Keluaran dari PLC Siemens S7-1214.....	47
Gambar 4.4	Foto Koneksi Sistem dSPACE dengan PLC.....	48
Gambar 4.5	Model <i>Close Loop</i> Pada MATLAB SIMULINK Dengan <i>Virtual Plant</i> Tanpa Sifat Integral Alaminya.....	48
Gambar 4.6	Jendela Konfigurasi Blok PID.....	49
Gambar 4.7	Respon Sistem Dengan <i>Virtual Plant</i> Tanpa Sifat Integral Alaminya.....	50
Gambar 4.8	Model <i>Close Loop</i> Pada MATLAB SIMULINK Dengan <i>Virtual Plant</i> Dengan Sifat Integral Alaminya.....	51
Gambar 4.9	Respon Sistem Dengan <i>Virtual Plant</i> Dengan Sifat Integral Alaminya.....	51
Gambar 4.10	Hasil Respon Sistem Dengan Nilai $T_i$ Variatif.....	52
Gambar 4.11	Hasil Respon Sistem Dengan Nilai $T_d$ Variatif.....	53
Gambar 4.12	Model MATLAB SIMULINK yang Akan Diprogram Ke Dalam dSPACE DS1104.....	55
Gambar 4.13	Jendela Pengaturan Blok Kanal DAC dSPACE DS1104.....	55
Gambar 4.14	Jendela Konfigurasi Initialization Blok Kanal DAC dSPACE DS1104.....	56
Gambar 4.15	Jendela Konfigurasi Termination pada Blok Kanal DAC dSPACE DS1104.....	56
Gambar 4.16	Jendela Konfigurasi Kanal ADC dSPACE DS1104.....	57

Gambar 4.17	Jendela Konfigurasi Kanal DAC 2 dSPACE DS1104.....	58
Gambar 4.18	Menu Kompilasi Program dSPACE DS1104 pada MATLAB SIMULINK.....	58
Gambar 4.19	Pembuatan Proyek Baru Pada TIA Portal.....	59
Gambar 4.20	Pengisian Informasi Proyek Baru Pada TIA Portal.....	59
Gambar 4.21	Jendela Langkah Awal Pembuatan Program PLC dengan TIA Portal.....	60
Gambar 4.22	Jendela Konfigurasi Perangkat PLC pada TIA Portal.....	60
Gambar 4.23	Pemilihan Kntroler PLC yang Akan Digunakan Pada TIA Portal.....	61
Gambar 4.24	Pemilihan Modul Masukan Analog SM1231 pada TIA Portal.....	61
Gambar 4.25	Pemilihan Modul Keluaran Analog SM1232 pada TIA Portal.....	62
Gambar 4.26	Pemilihan dan Pembuatan Blok Program <i>Cyclic Interrupt</i> pada TIA Portal.....	62
Gambar 4.27	Bagian Program Konversi Skala <i>Setpoint</i> Pada PLC di TIA Portal.....	63
Gambar 4.28	Bagian Program Kontroler PID Pada PLC di TIA Portal.....	63
Gambar 4.29	Tombol Konfigurasi Blok PID_COMPACT.....	64
Gambar 4.30	Jendela Konfigurasi Tipe Kontroler Blok PID_COMPACT.	64
Gambar 4.31	Jendela Konfigurasi Parameter Masukan dan Keluaran Blok PID_COMPACT.....	65
Gambar 4.32	Jendela Konfigurasi Batas <i>Process Value</i> .....	65
Gambar 4.33	Jendela Konfigurasi Skala <i>Process Value</i> .....	66
Gambar 4.34	Jendela Konfigurasi Parameter PID pada Blok PID_COMPACT.....	67
Gambar 4.35	Tombol Kompilasi Program PLC pada TIA Portal.....	67
Gambar 4.36	Tombol Memindahkan Program ke PLC pada TIA Portal....	67
Gambar 4.37	Tombol Untuk Menjalankan Program PLC pada TIA Portal	67
Gambar 4.38	Membuat Berkas Eksperimen Baru pada ControlDesk.....	68



Gambar 4.39	Dialog Eksperimen Baru pada ControlDesk.....	69
Gambar 4.40	Menu Untuk Membuat <i>Layout</i> Baru pada ControlDesk.....	69
Gambar 4.41	Menu Untuk Membuka Berkas Data MATLAB SIMULINK pada ControlDesk.....	70
Gambar 4.42	Memasukkan <i>Plotter Array</i> pada ControlDesk.....	71
Gambar 4.43	Memasukkan <i>Capture Setting</i> pada ControlDesk.....	71
Gambar 4.44	Memasukkan <i>Knob</i> pada ControlDesk.....	72
Gambar 4.45	Memasukkan <i>NumericInput</i> pada ControlDesk.....	72
Gambar 4.46	Memasukkan <i>CheckButton</i> pada ControlDesk.....	73
Gambar 4.47	Memasukkan Variabel <i>Gain</i> Pada <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	73
Gambar 4.48	Memasukkan Variabel <i>Process Value</i> ke <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	74
Gambar 4.49	Memasukkan Variabel <i>Setpoint</i> ke <i>Knob</i> dan <i>NumericInput</i> di ControlDesk.....	74
Gambar 4.50	Memasukkan <i>Trigger</i> ke <i>CheckButton</i> dan <i>CaptureSetting</i> di ControlDesk.....	75
Gambar 4.51	Konfigurasi Y-Axes untuk <i>Axis_00</i> dan <i>Axis_01</i> di <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	76
Gambar 4.52	Konfigurasi Signals untuk <i>Axis_00</i> dan <i>Axis_01</i> di <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	76
Gambar 4.53	Konfigurasi <i>Knob</i> di ControlDesk.....	77
Gambar 4.54	Konfigurasi Konversi Nilai <i>Knob</i> di ControlDesk.....	77
Gambar 4.55	Konfigurasi Konversi Nilai <i>NumericInput</i> di ControlDesk...	78
Gambar 4.56	Konfigurasi <i>Capture</i> untuk <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	78
Gambar 4.57	Konfigurasi <i>Capture Variables</i> untuk <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	79
Gambar 4.58	Konfigurasi <i>Trigger</i> untuk <i>PlotterArray</i> di ControlDesk.....	79
Gambar 4.59	Hasil Akhir Konfigurasi <i>Layout</i> di ControlDesk.....	80
Gambar 4.60	Diagram Blok Sistem Kontrol <i>Virtual Plant</i> Pesawat Terbang Dengan Kontroler PID Menggunakan PLC.....	80

Gambar 4.61	Respon Awal Sistem Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214.....	81
Gambar 4.62	Hasil Respon Sistem Dengan Nilai Kc Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214.....	82
Gambar 4.63	Hasil Respons Sistem Dengan Nilai <i>Delay Coefficient</i> Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214.....	83
Gambar 4.64	Hasil Respons Sistem Dengan Nilai <i>Setpoint</i> Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214.....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Parameter-Parameter Tanpa Satuan Dari Persamaan Longitudinal Pesawat Terbang.....	9
Tabel 2.2	Aturan <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols Pertama Berdasarkan Respon <i>Step</i> .....	31
Tabel 2.3	Aturan <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols Kedua Berdasarkan Respon <i>Step Plant</i> .....	32
Tabel 4.1	Tabel Data Respon Sistem Dengan Integrator	51
Tabel 4.2	Tabel Data Respon Sistem Dengan Berbagai Nilai Integrator	53
Tabel 4.3	Tabel Data Respon Sistem Dengan Berbagai Nilai Derivatif	54
Tabel 4.4	Tabel Data Respon Awal Sistem Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214	81
Tabel 4.5	Tabel Data Respon Sistem Dengan Nilai Kc Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214	82
Tabel 4.6	Tabel Data Respon Sistem Dengan Nilai <i>Delay Coefficient</i> Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214	83
Tabel 4.7	Tabel Data Respon Sistem Dengan Nilai <i>Setpoint</i> Variatif Menggunakan Kontroler PID Pada Siemens S7-1214	84

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A	<i>Datasheet</i> dSPACE DS1104
LAMPIRAN B	<i>Datasheet</i> PLC Siemens S7-1214 DC/DC/DC
LAMPIRAN C	<i>Datasheet</i> Modul Masukan Analog Siemens SM1231
LAMPIRAN D	<i>Datasheet</i> Modul Keluaran Analog Siemens SM1232
LAMPIRAN E	Program dSPACE DS1104 pada MATLAB SIMULINK
LAMPIRAN F	Program PLC Pada Siemens S7-1214