

IMPLEMENTASI TWINCAT 3 PADA *MASS SPRING DAMPER VIRTUAL PLANT* DAN *BALL AND BEAM VIRTUAL PLANT* MENGGUNAKAN *PID CONTROLLER*

Willianto

NRP: 1322015

email: willianto_chen@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan yang dihadapi dalam penggunaan Simulink yaitu model matematika yang sudah dibuat tidak dapat diimplementasikan ke suatu sistem kontrol yang ada. Model matematika hanya dapat diamati dengan menggunakan simulasi. Adapun *hardware* yang dapat diintegrasikan dengan MATLAB/Simulink adalah *embedded PC Beckhoff CX-Series*.

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan implementasi TwinCAT 3 pada *mass spring damper virtual plant* menggunakan *PID controller* dengan metode *tuning Ziegler-Nichols I* dan *ball and beam virtual plant* menggunakan *double PID controller*. Pada *ball and beam virtual plant*, *plant ball* dan *plant motor servo* di-*tuning* secara terpisah. *Plant ball* di-*tuning* dengan metode *tuning Ziegler-Nichols II* dan *plant motor servo* di-*tuning* dengan kombinasi antara metode *model-based tuning* dan metode *tuning Ziegler-Nichols II*. Kemudian, *mass spring damper virtual plant* dan *ball and beam virtual plant* di-*tuning* kembali menggunakan metode *tuning trial and error* agar performansi *plant* dapat meningkat. Selanjutnya, kedua *plant* diuji dengan *setpoint* yang berbeda untuk mengetahui respon *plant* terhadap *setpoint* yang diubah-ubah dalam waktu tertentu.

Implementasi TwinCAT 3 pada pengontrolan *mass spring damper virtual plant* dan *ball and beam virtual plant* berhasil dilakukan, dengan performansi yang dihasilkan *mass spring damper virtual plant* adalah *rise time* 0.666s, *settling time* 1.04s, dan *overshoot* 0.719%. Sedangkan, performansi yang dihasilkan *ball and beam virtual plant* dengan *double PID controller* adalah *rise time* 0.309s, *settling time* 0.552s, dan *overshoot* 1.27%.

Kata kunci: TwinCAT 3, *PID controller*, *mass spring damper virtual plant*, *ball and beam virtual plant*.

IMPLEMENTATION OF TWINCAT 3 ON MASS SPRING DAMPER VIRTUAL PLANT AND BALL AND BEAM VIRTUAL PLANT USING PID CONTROLLER

Willianto

NRP: 1322015

email: willianto_chen@yahoo.com

ABSTRACT

Problems encountered in the use of Simulink is mathematical models that have been created cannot be implemented to an existing control system. Mathematical models can only be observed using simulations. The hardware that can be integrated with MATLAB/Simulink is embedded PC Beckhoff CX-Series.

In this Final Project, implementation of TwinCAT 3 on mass spring damper virtual plant using PID controller with Ziegler-Nichols I tuning method and ball and beam virtual plant using double PID controller. Plant ball and plant motor servo tuned separately. Plant ball tuned by Ziegler-Nichols II tuning method and plant motor servo tuned with a combination of model-based tuning method and Ziegler-Nichols II tuning method. Then, mass spring damper virtual plant and ball and beam virtual plant retuned using trial and error tuning method to improve the plants performance. Furthermore, the plants tested with different setpoints to determine the plants response by changing the setpoint within certain time.

Implementation of TwinCAT 3 on controlling mass spring damper virtual plant and ball and beam virtual plant successfully performed, with performance of mass spring damper virtual plant is rise time 0.666s, settling time 1.04s, and overshoot 0.719%. Meanwhile, the performance of ball and beam virtual plant with double PID controller is rise time 0.309s, settling time 0.552s, and overshoot 1.27%.

Keywords: TwinCAT 3, PID controller, mass spring damper virtual plant, ball and beam virtual plant.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Batasan Masalah	3
I.5 Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> yang digunakan	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1 Sistem Kontrol	5
II.1.1 Sistem Kontrol <i>Open Loop</i>	5
II.1.2 Sistem Kontrol <i>Closed Loop</i>	6
II.1.3 <i>Plant Linear</i>	8
II.1.4 <i>Plant Non-Linear</i>	9
II.2 <i>Controller</i>	12
II.2.1 <i>Two Position Controller (On-Off Controller)</i>	12

II.2.2 <i>Multi Position Controller</i>	14
II.2.3 <i>PID Controller</i>	15
II.2.3.1 Ziegler-Nichols I	16
II.2.3.2 Ziegler-Nichols II.....	17
II.2.3.3 <i>Model-Based Tuning</i>	19
II.3 Beckhoff.....	19
II.3.1 TwinCAT 3.....	20
II.3.2 <i>Embedded PC</i>	20
II.3.3 MATLAB dan Simulink.....	21
BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	23
III.1 Integrasi MATLAB/Simulink dengan TwinCAT 3	23
III.1.1 Integrasi TwinCAT 3 ke dalam <i>Visual Studio</i>	24
III.1.2 Integrasi MATLAB/Simulink dengan TwinCAT 3	25
III.1.3 Hasil Integrasi di- <i>upload</i> ke dalam <i>Embedded PC Beckhoff CX-Series</i>	29
III.2 Perancangan Sistem Kontrol <i>Mass Spring Damper</i> pada Simulink.....	30
III.3 Perancangan Sistem Kontrol <i>Ball and Beam</i> pada Simulink.....	33
III.3.1 <i>Plant Ball and Beam</i>	34
III.3.2 <i>Plant Ball</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i>	36
III.3.3 <i>Plant Motor Servo</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i>	40
III.4 Penggabungan <i>Plant Ball</i> dan <i>Plant Motor Servo</i>	46
BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISIS DATA	48
IV.1 Pembacaan Nilai pada Alamat I/O melalui TwinCAT 3	48
IV.2 <i>Plant Mass Spring Damper</i>	49
IV.2.1 <i>Tuning Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai K_p yang Berbeda.....	50
IV.2.2 <i>Tuning Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai K_i yang Berbeda.....	51
IV.2.3 <i>Tuning Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai K_d yang Berbeda.....	52

IV.2.4 Hasil <i>Tuning Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i>	53
IV.2.5 Pengujian <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>Setpoint</i> yang berbeda	54
IV.3 <i>Plant Ball</i>	56
IV.3.1 <i>Tuning Plant Ball</i> dengan Nilai K_p yang Berbeda	57
IV.3.2 <i>Tuning Plant Ball</i> dengan Nilai K_i yang Berbeda	58
IV.3.3 <i>Tuning Plant Ball</i> dengan Nilai K_d yang Berbeda	59
IV.3.4 Hasil <i>Tuning Plant Ball</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i>	60
IV.4 <i>Plant Motor Servo</i>	61
IV.4.1 <i>Tuning Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_p yang Berbeda	62
IV.4.2 <i>Tuning Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_i yang Berbeda	63
IV.4.3 <i>Tuning Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_d yang Berbeda	64
IV.4.4 Hasil <i>Tuning Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Trial and Error</i>	65
IV.5 <i>Plant Ball and Beam</i>	67
IV.5.1 Hasil Penggabungan <i>Plant Ball</i> dan <i>Plant Motor Servo</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	67
IV.5.2 Hasil Penggabungan <i>Plant Ball</i> dan <i>Plant Motor Servo</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	69
IV.5.3 Pengujian <i>Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda	71
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	73
V.1 Simpulan	73
V.2 Saran	74
DAFTAR REFERENSI	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Diagram Blok Sistem Kontrol <i>Open Loop</i>	5
Gambar II.2 Diagram Blok Sistem Kontrol <i>Closed Loop</i>	6
Gambar II.3 <i>Plant Mass Spring Damper</i>	8
Gambar II.4 Rangkaian LRC	9
Gambar II.5 Ilustrasi <i>Plant Ball</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i>	10
Gambar II.6 Rangkaian <i>Plant Motor Servo</i> pada <i>Plant Ball and Beam</i>	11
Gambar II.7 Diagram Blok <i>On-Off Controller</i>	13
Gambar II.8 Ilustrasi Cara Kerja <i>On-Off Controller</i>	13
Gambar II.9 Ilustrasi Cara Kerja <i>Multi Position Controller</i>	15
Gambar II.10 Respon <i>Plant</i> Jika Diberi Respon <i>Input Step</i>	16
Gambar II.11 Diagram Ilustrasi Pencarian Nilai L dan T.....	16
Gambar II.12 <i>Plant Closed Loop</i> dengan Pengontrol P.....	18
Gambar II.13 Respon <i>Plant</i> Jika Diberi Respon <i>Input Step</i>	18
Gambar II.14 <i>Embedded PC Beckhoff CX-5010</i>	21
Gambar III.1 Diagram Konfigurasi <i>Software</i> pada Sistem	24
Gambar III.2 Integrasi TwinCAT 3 ke dalam <i>Visual Studio 2015</i>	24
Gambar III.3 Alamat I/O yang dibuat pada <i>Software TwinCAT 3</i>	25
Gambar III.4 Program <i>Scaling</i> yang dibuat pada <i>Software TwinCAT 3</i>	26
Gambar III.5 Pemanggilan Program <i>Scaling</i> di <i>Window Main</i> yang dibuat pada <i>Software TwinCAT 3</i>	26
Gambar III.6 Penambahan <i>File</i> pada MATLAB.....	27
Gambar III.7 <i>System Target File</i> pada <i>Configuration Parameters Dialog Box Simulink</i>	27
Gambar III.8 Diagram Blok TC ADS <i>Symbol Interface</i> pada Simulink.....	28

Gambar III.9 Pengaturan pada Diagram Blok TC ADS <i>Symbol Interface</i>	28
Gambar III.10 Diagram Blok yang Terintegrasi dengan TwinCAT 3	29
Gambar III.11 Ilustrasi Cara Kerja Sistem.....	30
Gambar III.12 Diagram Blok <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	30
Gambar III.13 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	31
Gambar III.14 Diagram Blok <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>PID Controller</i>	32
Gambar III.15 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>PID Controller</i> pada Simulink	32
Gambar III.16 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>PID Controller</i> pada <i>Oscilloscope</i>	33
Gambar III.17 Ilustrasi Pengontrolan <i>Plant Ball and Beam</i>	33
Gambar III.18 Diagram Blok <i>Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	34
Gambar III.19 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	34
Gambar III.20 Diagram Blok <i>Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	35
Gambar III.21 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	35
Gambar III.22 Diagram Blok <i>Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	36
Gambar III.23 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	36
Gambar III.24 Diagram Blok <i>Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	37

Gambar III.25 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	37
Gambar III.26 Diagram Blok <i>Plant Ball</i> dengan <i>PID Controller</i>	39
Gambar III.27 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan <i>PID Controller</i> pada Simulink	39
Gambar III.28 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan <i>PID Controller</i> pada <i>Oscilloscope</i>	39
Gambar III.29 Diagram Blok <i>Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	40
Gambar III.30 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	40
Gambar III.31 Diagram Blok <i>Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	41
Gambar III.32 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	41
Gambar III.33 Diagram Blok <i>Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Model-Based Tuning</i>	43
Gambar III.34 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Model-Based Tuning</i>	43
Gambar III.35 Diagram Blok <i>Plant Motor Servo</i> dengan <i>PID Controller</i>	45
Gambar III.36 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan <i>PID Controller</i> pada Simulink	45
Gambar III.37 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan <i>PID Controller</i> pada <i>Oscilloscope</i>	46
Gambar III.38 Diagram Blok <i>Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i>	46
Gambar III.39 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i> pada Simulink	47

Gambar III.40 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i> pada <i>Oscilloscope</i>	47
Gambar IV.1 Pembacaan Nilai pada Alamat I/O.....	49
Gambar IV.2 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols I</i>	49
Gambar IV.3 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai <i>Kp</i> yang Berbeda	50
Gambar IV.4 Sinyal <i>Output Sistem Mass Spring Damper</i> dengan Nilai <i>Ki</i> yang Berbeda	51
Gambar IV.5 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai <i>Kd</i> yang Berbeda	52
Gambar IV.6 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada Simulink	53
Gambar IV.7 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada <i>Oscilloscope</i>	54
Gambar IV.8 Diagram Blok <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda	55
Gambar IV.9 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda pada Simulink	55
Gambar IV.10 Sinyal <i>Output Plant Mass Spring Damper</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda pada <i>Oscilloscope</i>	55
Gambar IV.11 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	56
Gambar IV.12 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Nilai <i>Kp</i> yang Berbeda	57
Gambar IV.13 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Nilai <i>Ki</i> yang Berbeda	58
Gambar IV.14 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Nilai <i>Kd</i> yang Berbeda	59
Gambar IV.15 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada Simulink	60

Gambar IV.16 Sinyal <i>Output Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada <i>Oscilloscope</i>	60
Gambar IV.17 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Kombinasi Metode <i>Model-Based Tuning</i> dan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	61
Gambar IV.18 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_p yang Berbeda	63
Gambar IV.19 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_i yang Berbeda	64
Gambar IV.20 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_d yang Berbeda	65
Gambar IV.21 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada Simulink	66
Gambar IV.22 Sinyal <i>Output Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada <i>Oscilloscope</i>	66
Gambar IV.23 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i> pada Simulink	68
Gambar IV.24 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i> pada <i>Oscilloscope</i>	68
Gambar IV.25 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada Simulink	69
Gambar IV.26 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i> pada <i>Oscilloscope</i>	70
Gambar IV.27 Diagram Blok <i>Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda	71
Gambar IV.28 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda pada Simulink	71
Gambar IV.29 Sinyal <i>Output Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Setpoint</i> yang Berbeda pada <i>Oscilloscope</i>	72

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Aturan <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols I.....	17
Tabel II.2 Aturan <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols II.....	18
Tabel II.3 Aturan <i>Model-Based Tuning</i>	19
Tabel III.1 Waktu pada Setiap Puncak Amplitudo yang dihasilkan <i>Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols II.....	38
Tabel III.2 Nilai Pcr dan Rata-Rata Pcr dari <i>Plant Ball</i>	38
Tabel III.3 Waktu pada Setiap Puncak Amplitudo yang dihasilkan <i>Plant Motor Servo</i>	44
Tabel III.4 Nilai Pcr dan Rata-Rata Pcr dari <i>Plant Motor Servo</i>	44
Tabel IV.1 Performansi <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols I.....	49
Tabel IV.2 Perbandingan Performansi <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai Kp Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	50
Tabel IV.3 Perbandingan Performansi <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai Ki Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	51
Tabel IV.4 Perbandingan Performansi <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Nilai Kd Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	52
Tabel IV.5 Performansi <i>Plant Mass Spring Damper</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	54
Tabel IV.6 Performansi <i>Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols II	56
Tabel IV.7 Perbandingan Performansi <i>Plant Ball</i> dengan Nilai Kp Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	57
Tabel IV.8 Perbandingan Performansi <i>Plant Ball</i> dengan Nilai Ki Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	58
Tabel IV.9 Perbandingan Performansi <i>Plant Ball</i> dengan Nilai Kd Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	59

Tabel IV.10 Performansi <i>Plant Ball</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	61
Tabel IV.11 Performansi <i>Plant Motor Servo</i> dengan Kombinasi Metode <i>Model-Based Tuning</i> dan Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols II</i>	62
Tabel IV.12 Perbandingan Performansi <i>Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_p Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	63
Tabel IV.13 Perbandingan Performansi <i>Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_i Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	64
Tabel IV.14 Perbandingan Performansi <i>Plant Motor Servo</i> dengan Nilai K_d Berbeda Menggunakan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	65
Tabel IV.15 Performansi <i>Plant Motor Servo</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	67
Tabel IV.16 Performansi <i>Plant Ball and Beam</i> dengan <i>Double PID Controller</i> ...	68
Tabel IV.17 Performansi <i>Plant Ball and Beam</i> dengan Metode <i>Tuning Trial and Error</i>	70

