

ABSTRAK

Pada suatu Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, Kondenser berfungsi untuk mengkondensasi uap yang telah dipakai untuk memutar turbin. Hasil kondensasi (air) haruslah dijaga kapasitasnya (levelnya) pada nilai tertentu sebelum dialirkan menuju cooling tower untuk didinginkan. Hal ini dikarenakan adanya tekanan vacuum yang dihasilkan dalam proses kondensasi di kondenser yang mempunyai pengaruh terhadap kerja turbin dan tentunya akan berpengaruh terhadap besar daya listrik yang dihasilkan generator. Untuk menjaga kapasitas (level) air ini maka diperlukan suatu pengendali (Controller).

Ada beberapa jenis pengendali, seperti pengendali P, PI, PID dan juga ada yang disebut Pengendali Classical PID (Classical PID Controller). Dalam penggunaannya, perlu dilakukan proses tuning (penalaan) untuk menentukan parameter-parameter dari pengendali (controller) tersebut. Untuk melakukan tuning, ada beberapa metoda yang dapat digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai parameter yang dapat memberikan keluaran sistem yang terbaik.

Dari simulasi pengendalian kapasitas (level) air yang dilakukan pada tugas akhir ini didapat bahwa metoda pengendali Classical PID dengan jenis Pengendali PI dan parameter pengendali $K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$ (= 11.88 per menit) memberikan hasil keluaran sistem yang paling baik.

ABSTRACT

The Condenser function in Geothermal Power Station System is to condensate the steam from the turbin. The water capacity (level) in the condenser must be kept in the steady state point because of there is a *vaccum pressure* from the condensating process. This vaccum pressure influences the turbin function and also the electrical power from the generator. Controller is needed to keep this water capacity (level) in the steady state point.

There are some kind of controller. For examples Proportional, Proportional Integral, Proportional Integral Derivative (PID) Controller and also Classical PID Controller. In order to operate the controller, tuning process is the important step to get the controller parameter's. There are some tuning method to get the controller parameter's for the best system output result.

The water capacity (level) controlling simulation in this final project shows that Classical PID Controller method with PI Controller and controller parameter's $K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$ (= 11.88 per minute), give the best system output result.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	1
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	2
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Jenis Sistem Kendali	4
2.1.1. Sistem Kendali Loop Terbuka (<i>Open Loop System</i>)	4
2.1.2. Sistem Kendali Loop Tertutup (<i>Closed Loop System</i>)	4
2.2. Respon Waktu	5
2.3. Jenis-jenis Pengendali	5
2.3.1. Pengendalian Dua Posisi atau ‘ <i>on – off</i> ‘	6
2.3.2. Pengendali Proportional	7
2.3.3. Pengendali Proportional Integral (<i>PI</i>)	8
2.3.4. Pengendali Proportional Derivative (<i>PD</i>)	9
2.3.5. Pengendali Proportional Integral Derivative (<i>PID</i>)	10
2.4. Pengendali Classiscal PID (<i>Classical PID Controller</i>)	11
2.5. Tuning PID	12
BAB III PERANCANGAN	
3.1. Persamaan Sistem	14

3.2. Diagram Blok	17
3.3. Input Dan Output Dari Sistem	17
3.4. Pembuatan Program Simulasi	18
3.4.1 Simulasi Pengendalian dengan Classical PID Controller	18
3.4.2. Simulasi Pengendalian dengan Standard PID Controller	21
3.5. Proses Tuning PID.....	22
BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA	
4.1 Simulasi Dengan Perubahan Input I	27
4.1.1. Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Classical PID (Classical PID Controller)	27
4.1.1.1. Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	27
4.1.1.1.1. Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	28
4.1.1.1.2. Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$)	29
4.1.1.1.3. Simulasi Pengendali PID ($K_P =$ $=1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$)	30
4.1.1.2. Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	31
4.1.1.2.1. Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$)	31
4.1.1.2.2. Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$)	32
4.1.1.2.3. Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1435.34626 ; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) ...	33
4.1.1.3. Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	35
4.1.1.3.1. Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	35
4.1.1.3.2. Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)	36

4.1.1.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$)	37
4.1.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Standard PID	39
4.1.2.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	39
4.1.2.1.1.	Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	39
4.1.2.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$)	40
4.1.2.1.3	Simulasi Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)	41
4.1.2.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	42
4.1.2.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$).	42
4.1.2.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$)	43
4.1.2.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$)	44
4.1.2.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	45
4.1.2.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	45
4.1.2.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$)	46
4.1.2.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$)	47
4.2	Simulasi Dengan Perubahan Input II	49
4.2.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Classical PID (Classical PID Controller)	49
4.2.1.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	49
4.2.1.1.1.	Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	49

4.2.1.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$)	50
4.2.1.1.3.	Simulasi Pengendali PID (K_P $= 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$)	51
4.2.1.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	53
4.2.1.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$).	53
4.2.1.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$)	54
4.2.1.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1435.34626 ; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) ...	55
4.2.1.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	57
4.2.1.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	57
4.2.1.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)	58
4.2.1.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1052.58726 ; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$)	59
4.2.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Standard PID.....	61
4.2.2.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	61
4.2.2.1.1.	Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	61
4.2.2.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$)	62
4.2.2.1.3	Simulasi Pengendali PID (K_P $= 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)	63
4.2.2.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	65
4.2.2.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$).	65

4.2.2.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$)	66
4.2.2.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1435.34626 ; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$)	67
4.2.2.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	68
4.2.2.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	68
4.2.2.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$)	69
4.2.2.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1052.58726 ; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$)	70
4.3.	Simulasi dengan menggunakan Input I	72
4.3.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Classical PID (Classical PID Controller)	73
4.3.1.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	73
4.3.1.1.1.	Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	73
4.3.1.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$)	74
4.3.1.1.3	Simulasi Pengendali PID (K_P $= 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$) ...	75
4.3.1.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	77
4.3.1.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$)	77
4.3.1.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$)	78
4.3.1.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1435.34626 ; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) ...	79
4.3.1.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	81
4.3.1.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	81

4.3.1.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)	82
4.3.1.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1052.58726 ; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$)	83
4.3.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Standard PID	85
4.3.2.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	85
4.3.2.1.1.	Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	85
4.3.2.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$)	86
4.3.2.1.3	Simulasi Pengendali PID ($K_P =$ 1326.78785 ; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)	87
4.3.2.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	88
4.3.2.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$)	88
4.3.2.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$)	89
4.3.2.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1435.34626 ; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$)	90
4.3.2.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	91
4.3.2.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$) ..	92
4.3.2.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$)	93
4.3.2.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P =$ 1052.58726 ; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$)	94
4.4.	Simulasi dengan menggunakan Input II	95
4.4.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Classical PID (Classical PID Controller)	96
4.4.1.1.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	96

4.2.1.1.1. Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	97
4.2.1.1.2. Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$)	98
4.2.1.1.3 Simulasi Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$)	99
4.2.1.2. Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	100
4.2.1.2.1. Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$)	100
4.2.1.2.2. Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$)	101
4.2.1.2.3. Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$)	102
4.2.1.3 Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	104
4.2.1.3.1. Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$)	104
4.2.1.3.2. Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)	105
4.2.1.3.3. Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$)	106
4.2.2. Simulasi Dengan Menggunakan Pengendali Standard PID	107
4.2.2.1. Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Ziegler-Nichols	107
4.2.2.1.1. Simulasi Pengendali P ($K_P = 1105.21662$)	108

4.2.2.1.2.	Simulasi Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$)	109
4.2.2.1.3	Simulasi Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)	110
4.2.2.2.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Takahashi	111
4.2.2.2.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 1004.74238$)	111
4.2.2.2.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$)	112
4.2.2.2.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$)	113
4.2.2.3.	Simulasi Dengan Menggunakan Metoda Tuning Chien et. al	114
4.2.2.3.1.	Simulasi Pengontrol P ($K_P = 331.89688$)	114
4.2.2.3.2.	Simulasi Pengontrol PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$)	115
4.2.2.3.3.	Simulasi Pengontrol PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$)	116
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	128
5.2	Saran	128
 DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Metoda Tuning PID	13
Tabel III.1.	Parameter K_P , K_I , K_D pada Pengendali Standard PID	25
Tabel III.2.	Parameter K_P , K_I , K_D pada Pengendali Classical PID (Classical PID Controller)	26
Tabel IV.1.	Hasil Keseluruhan Simulasi.....	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.	Diagram Blok Sistem Kendali Loop Terbuka	4
Gambar II.2.	Diagram Blok Pengendali Proportional	7
Gambar II.3.	Diagram Blok Pengendali Proportional Integral (PI)	8
Gambar II.4.	Diagram Blok Pengendali Proportional Derivative	10
Gambar II.5.	Diagram Blok Pengendali Proportional Integral Derivative.....	11
Gambar II.6.	Respon Loop Terbuka untuk proses Nonself Regulating (Level)	12
Gambar III.1.	Sistem input dan output pada Kondenser	15
Gambar III.2.	Sistem sederhana dari Kondenser	16
Gambar III.3.	Diagram Blok Sistem Pada Matlab	17
Gambar III.4.	Sistem Pengendalian dengan menggunakan Classical PID Controller	18
Gambar III.5.	Classical PID Controller	19
Gambar III.6.	Classical PID Controller / Proportional	19
Gambar III.7.	Classical PID Controller / Integral	19
Gambar III.8.	Classical PID Controller / Derivative	20
Gambar III.9.	Q input	20
Gambar III.10.	Input Air dari GRS 1 st , 2 nd , dan dari Vacuum Pump	20
Gambar III.11.	Input Air dari Cooling Tower (Cooling Water) dan Uap yang jadi air (Condensable gas)	21
Gambar III.12.	$\frac{1}{R}$	21
Gambar III.13.	Sistem Pengendalian dengan menggunakan Standard PID Controller	21
Gambar III.14.	Standard PID Controller	22
Gambar III.15.	Proses Tuning PID	22

DAFTAR GRAFIK

Grafik III.1.	Scope (Respon Step)	23
Grafik III.2.	Zooming I	23
Grafik III.3.	Zooming II	24
Grafik III.4.	Zooming III	24
Grafik IV.1.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	28
Grafik IV.2.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	28
Grafik IV.3.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	29
Grafik IV..4.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	29
Grafik IV.5.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	30
Grafik IV.6.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input I.	30
Grafik IV.7.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	31

Grafik IV.8.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	32
Grafik IV.9.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	32
Grafik IV.10.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	33
Grafik IV.11.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	33
Grafik IV.12.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	34
Grafik IV.13.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	35
Grafik IV.14.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$)) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	36
Grafik IV.15.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	36

Grafik IV.16.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	37
Grafik IV.17.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	37
Grafik IV.18.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input I.	38
Grafik IV.19.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	39
Grafik IV.20.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	40
Grafik IV.21.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	40
Grafik IV.22.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	41
Grafik IV.23.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	41

Grafik IV.24.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	42
Grafik IV.25.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	42
Grafik IV.26.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	43
Grafik IV.27.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	43
Grafik IV.28.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	44
Grafik IV.29.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	44
Grafik IV.30.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	45
Grafik IV.31.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	45
Grafik IV.32.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	46

Grafik IV.33.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	46
Grafik IV.34.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	47
Grafik IV.35.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	47
Grafik IV.36.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input I.	48
Grafik IV.37.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	49
Grafik IV.38.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	50
Grafik IV.39.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	50
Grafik IV.40.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	51
Grafik IV.41.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	51

Grafik IV.42.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Classical PID untuk perubahan input II.	52
Grafik IV.43.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II	53
Grafik IV.44.	Q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	54
Grafik IV.45.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	54
Grafik IV..46.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	55
Grafik IV.47.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	55
Grafik IV.48.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	56
Grafik IV.49.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II	57

Grafik IV.50.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	58
Grafik IV.51.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$)) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	58
Grafik IV.52.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 1.44$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	59
Grafik IV.53.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	59
Grafik IV.54.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Classical PID pada untuk perubahan input II.	60
Grafik IV.55.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	61
Grafik IV.56.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1105.21662$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	62
Grafik IV.57.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	62

Grafik IV.58.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II	63
Grafik IV.59.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	63
Grafik IV.60.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$)) dari metoda Tuning Ziegler-Nichols pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	64
Grafik IV.61.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$)) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II	65
Grafik IV.62.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 1004.74238$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	65
Grafik IV.63.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	66
Grafik IV.64.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$)) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II	66
Grafik IV.65.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$)) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	67

Grafik IV.66.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$) dari metoda Tuning Takahashi pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	67
Grafik IV.67.	Hasil Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II	68
Grafik IV.68.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali P ($K_P = 331.89688$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	68
Grafik IV.69.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	69
Grafik IV.70.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PI ($K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II	69
Grafik IV.71.	Hasil Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	70
Grafik IV.72.	q_{out} Percobaan dengan Pengendali PID ($K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$) dari metoda Tuning Chien et. al. pada pengendali Standard PID pada untuk perubahan input II.	71
Grafik IV.73.	Q Input I	72
Grafik IV.74.	Level air (mm) terhadap waktu (s) secara real untuk Q Input I	72
Grafik IV.75.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1105.21662$	73
Grafik IV.76.	q_{out} untuk $K_P = 1105.21662$	74

Grafik IV.77.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$	74
Grafik IV.78.	q_{out} untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$	75
Grafik IV.79.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$	75
Grafik IV.80.	q_{out}) untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$..	76
Grafik IV.81.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$	77
Grafik IV.82.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$	78
Grafik IV.83.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$	78
Grafik IV.84.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$	79
Grafik IV.85.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$	79
Grafik IV.86.	q_{out} untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$	80
Grafik IV.87.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 331.89688$	81
Grafik IV.88.	q_{out} untuk $K_P = 331.89688$	82
Grafik IV.89.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 331.89688$; $K_I = 1.44$	82
Grafik IV.90.	q_{out} untuk $K_P = 331.89688$; $K_I = 1.44$	83
Grafik IV.91.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$	83
Grafik IV.92.	q_{out} untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$..	84
Grafik IV.93.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1105.21662$	85
Grafik IV.94.	q_{out} untuk $K_P = 1105.21662$	86
Grafik IV.95.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$	86
Grafik IV.96.	q_{out} untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$	87

Grafik IV.97.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$	87
Grafik IV.98.	q_{out} untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$	88
Grafik IV.99.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$	88
Grafik IV.100.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$	89
Grafik IV.101.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$	89
Grafik IV.102.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 0.198$	90
Grafik IV.103.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$	90
Grafik IV.104.	q_{out} untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$.	91
Grafik IV.105.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 331.89688$	92
Grafik IV.106.	q_{out} untuk $K_P = 331.89688$	92
Grafik IV.107.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$	93
Grafik IV.108.	q_{out} untuk $K_P = 673.912575$; $K_I = 0.024$	93
Grafik IV.109.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$	94
Grafik IV.110.	q_{out} untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$...	94
Grafik IV.111.	Q Input II	95
Grafik IV.112.	Level air (mm) terhadap waktu (s) secara real untuk Q Input II	96
Grafik IV.113.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1105.21662$	97
Grafik IV.114.	q_{out} untuk $K_P = 1105.21662$	97
Grafik IV.115.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$	98
Grafik IV.116.	q_{out} untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 11.988$	98

Grafik IV.117.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$	99
Grafik IV.118.	q_{out} untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 7.2$; $K_D = 0.0005$..	99
Grafik IV.119.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$	100
Grafik IV.120.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$	101
Grafik IV.121.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$	101
Grafik IV.122.	q_{out} untuk $K_P = 1004.74238$; $K_I = 11.88$	102
Grafik IV.123.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$	102
Grafik IV.124.	q_{out} untuk $K_P = 1435.34626$; $K_I = 7.92$; $K_D = 0.00045$	103
Grafik IV.125.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 331.89688$	104
Grafik IV.126.	q_{out} untuk $K_P = 331.89688$	104
Grafik IV.127.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 331.89688$; $K_I = 1.44$	105
Grafik IV.128.	q_{out} untuk $K_P = 331.89688$; $K_I = 1.44$	105
Grafik IV.129.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$	106
Grafik IV.130.	q_{out} untuk $K_P = 1052.58726$; $K_I = 14.4$; $K_D = 0.0004$..	106
Grafik IV.131.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1105.21662$	108
Grafik IV.132.	q_{out} untuk $K_P = 1105.21662$	108
Grafik IV.133.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$	109
Grafik IV.134.	q_{out} untuk $K_P = 994.8269$; $K_I = 0.1998$	109
Grafik IV.135.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$	110
Grafik IV.136.	q_{out} untuk $K_P = 1326.78785$; $K_I = 0.12$; $K_D = 0.03$	110

Grafik IV.137.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 1004.74238$	111
Grafik IV.138.	q_{out} untuk $K_p = 1004.74238$	112
Grafik IV.139.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 1004.74238$; $K_I = 0.198$	112
Grafik IV.140.	q_{out} untuk $K_p = 1004.74238$; $K_I = 0.198$	113
Grafik IV.141.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$	113
Grafik IV.142.	q_{out} untuk $K_p = 1435.34626$; $K_I = 0.132$; $K_D = 0.027$.	114
Grafik IV.143.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 331.89688$	114
Grafik IV.144.	q_{out} untuk $K_p = 331.89688$	115
Grafik IV.145.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 673.912575$; $K_I = 0.024$	115
Grafik IV.146.	q_{out} untuk $K_p = 673.912575$; $K_I = 0.024$	116
Grafik IV.147.	Keluaran Level (m) terhadap waktu (s) untuk $K_p = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$	116
Grafik IV.148.	q_{out} untuk $K_p = 1052.58726$; $K_I = 0.24$; $K_D = 0.024$...	117

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. METODA TUNING PID

LAMPIRAN B. SYSTEM RESISTANCE FOR ONE PUMP

LAMPIRAN C. ADVANCE PID

LAMPIRAN D. PROGRAM PENGONTROLAN LEVEL DENGAN MENGGUNAKAN
DCS

LAMPIRAN E. TAMPILAN HMI PENGONTROLAN LEVEL