



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**POLITEKNIK NEGERI BANDUNG**

Jln. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012, Kotak Pos 1234, Telepon (022) 2013789, Fax. (022) 2013889 Homepage : [www.polban.ac.id](http://www.polban.ac.id) Email : [polban@polban.ac.id](mailto:polban@polban.ac.id)

**LEMBAR SAMPUL DOKUMEN**

Judul Dokumen : Dokumen B600 : “Sistem Pengendali Kadar pH Air pada Tanaman Hidroponik dengan Metode PID”  
Jenis Dokumen : B600  
Nomor Dokumen : B600 – 01  
Nomor Revisi : 00  
Nama File : 3C1\_Devandri Suherman\_191354007\_SKD\_B600  
Tanggal Penerbitan : 11 Januari 2022  
Unit Penerbit : -  
Jumlah Halaman : 11

Data Pengusul				
Pengusul	Nama		Jabatan	Mahasiswa D-IV Teknik Elektronika
	Devandri Suherman			191354007
	Tanggal	11 – 01 – 2022	Tanda Tangan	
Lembaga	Politeknik Negeri Bandung			
Alamat	Jln. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga Bandung 40012, Kotak Pos 1234, Telepon (022) 2013789, Fax. (022) 2013889			
Telepon : 022-2013789	Fax : 022-2013889		Email : polban@polban.ac.id	

## **DAFTAR ISI**

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>1</b>
<b>I.    PENGANTAR .....</b>	<b>2</b>
1.1 Ringkasan Dokumen .....	2
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
<b>II.   PROPOSAL PENGEMBANGAN .....</b>	<b>2</b>
2.1 Gambaran Umum .....	2
2.2 Hasil Desain Kendali.....	3
2.3 Pengujian Hasil Desain Kendali.....	3
2.4 Tuning Parameter .....	8
2.5 Uji Gangguan .....	10
<b>III.  KESIMPULAN .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.  PENUTUP .....</b>	<b>11</b>

## I. PENGANTAR

### 1.1 Ringkasan Dokumen

Dokumen B600 ini berisi tentang pengujian kendali hasil desain dan uji gangguan pada alat yang akan dibuat dengan judul “Sistem Pengendali Kadar pH Air pada Tanaman Hidroponik dengan Metode PID” yang ditujukan sebagai tugas mandiri mata kuliah Sistem Kendali Digital (SKD) program studi D4 – Teknik Elektronika Politeknik Negeri Bandung.

### 1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan dokumen ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai dokumentasi selama rangkaian pelaksanaan pembuatan proyek mandiri mata kuliah Sistem Kendali Digital.
2. Melakukan pengujian desain kendali
3. Menghitung parameter transien.
4. Melakukan tuning dan menghitung parameter transien.
5. Melakukan uji gangguan.

## II. PROPOSAL PENGEMBANGAN

### 2.1 Gambaran Umum

Sistem Pengendali Kadar pH Air pada Tanaman Hidroponik dengan Metode PID adalah sebuah alat yang dapat menurunkan pH pada air tanaman hidroponik dengan menggunakan kendali PID sehingga pH dalam air pada pH tertentu.

Alat ini menggunakan potensiometer untuk mengatur set point dan sensor analog pH untuk mengukur pH dalam air yang kemudian dibandingkan dengan nilai set point yang selanjutnya akan diproses oleh controller Arduino Uno. Output dari Arduino ini menuju driver motor L298N. Driver ini akan memanipulasi keluaran Arduino uno untuk mengontrol kecepatan pompa dalam menyedot larutan asam pada sebuah botol. Kemudian untuk mempercepat tercampurnya larutan tersebut ditambahkan motor yang terus berputar untuk memutar air.

Lingkup desain kendali yaitu menentukan nilai  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  hasil desain. Adapun kendali yang akan digunakan yaitu *Close Loop ZNI*. Alasan menggunakan *CL ZNI* yaitu agar hasil kendali tidak terjadi *overshoot* dan plant nantinya termasuk kendali proses. Ketika terjadi *overshoot* tidak dapat turun pH nya sehingga menjadi *error steady state*.

## 2.2 Hasil Desain Kendali

Dari hasil desain kendali menggunakan metode ZN1 – CL diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 6.1 Nilai Parameter Hasil Desain

Rumus Umum				Skema	Lnyata	Tnyata
				Skema 1	0,373	3,107
Type of Controller	Kp	Ti	Td	Kp	Ti	Td
P	T/L	$\infty$	0	8,32976	$\infty$	0
PI	0,9(T/L)	L/0,3	0	7,49678	1,24333	0
<b>PID</b>	<b>1,2(T/L)</b>	<b>2L</b>	<b>0,5L</b>	<b>9,99571</b>	<b>0,746</b>	<b>0,1865</b>

## 2.3 Pengujian Hasil Desain Kendali

*Soure Code :*

```

B600_Realisasi_Kendali
1 //ID Program
2 /*
3  * Nama   : Devandri Suberman
4  * NIM    : 191354007
5  * Matkul : Sistem Kendali Digital
6  * Judul  : Proyek Mandiri -
7  *        : Program Realisasi kendali (Revisi 1)
8  * Tanggal: Minggu, 9 Januari 2022
9  */
10
11 //1l
12 //1a. Deklarasi Untuk Perhitungan pH
13 const int pinPH = A2;
14 int nilaiSensor = 0;
15 unsigned long int rataADCpH;
16 int bufADCpH[10], temp;
17
18 //1b. Deklarasi untuk driver pompa
19 #define EN_A 11
20 #define IN_1 10
21 #define IN_2 9
22
23 //1c. Deklarasi pin untuk switch
24 #define pinON 8
25 #define pinSi 7 //pin input switch
26 #define pinOFF 6
27
28 //1d. Deklarasi Variabel
29 float SV, FV, MV; // mendefinisikan variabel RC,fc,a,SV,dan FV sebagai float
30 int start ;
31
32 //1e. Deklarasi perhitungan PID-control
33 float Kp, et, et_1, Ti, Ki, edif, Td, Kd, P, I, D;
34 float eint, eint_1, eint_update;
35
36 //1f. Deklarasi perhitungan filter
37 float FVE, FVf_1,fc,RC,a ;
38
39 //1g. deklarasi variabel time sampling
40 unsigned long t ;

```

## B600\_Realisasi\_Kendali

```

43 //lh. Deklarasi untuk plotting
44 float interval_elapsed, interval_limit ;
45
46 //li Deklarasi LCD I2C
47 #include <Wire.h>
48 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
49 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
50
51
52 void setup() {
53 //2j. Setup
54 //2a. Setup untuk Sistem
55 Serial.begin(9600);
56
57 //2b. setup pin yang dipakai
58 //pin driver pompa
59 pinMode(EN_A, OUTPUT);
60 pinMode(IN_1, OUTPUT);
61 pinMode(IN_2, OUTPUT);
62
63 //pin untuk saklar
64 pinMode(pinON, OUTPUT);
65 pinMode(pinSi, INPUT);
66 pinMode(pinOFF, OUTPUT);
67
68 //2c. Setup awal driver
69 digitalWrite(IN_1, HIGH);
70 digitalWrite(IN_2, LOW);
71
72 //2d. Setup parameter filter yang digunakan
73 fc = 0.819 ; // frekuensi cut off 1 dekade
74 RC = 1/(6.28*fc);
75 Ts = 0.01; // Diukur secara manual
76 a = RC/Ts ;
77 FVF_1 = 0 ;
78
79 //2e. setting untuk mengatur durasi tampilan
80 interval_elapsed = 0; // besarnya interval yang sdh dilewati
81 interval_limit = 0.01 ; //setiap berapa lama data akan ditampilkan (dalam detik)
82 t = 0;

```

## B600\_Realisasi\_Kendali

```

82 t = 0;
83
84 //2f. setup untuk sistem start
85 digitalWrite(pinON, HIGH); // sinyal dari pin ini akan dipakai untuk logika 1 di pin start
86 digitalWrite(pinOFF, LOW); // akan dipakai sbg titik nol/gnd
87 digitalWrite(EN_A, 0);
88
89 //2g. Set parameter kendali Kp
90 // Kp = 9.996; //Kp hasil desain
91 // Ti = 0.746; //Ti hasil desain
92 // Td = 0.187; //Td hasil desain
93 Kp = 10.5; //Kp hasil tuning
94 Ti = 0.6; //Ti hasil tuning
95 Td = 0.15; //Td hasil tuning
96 //Menghindari nilai NAN
97 if (Ti==0){
98 Ki=0;}else{
99 Ki=Kp/Ti;
100 }
101 Kd=Kp*Td;
102 eint_1=0; //set awal untuk luasan
103
104 //2h. Mengset, besaran dan satuan di LCD
105 lcd.init(); //Menginit LCD
106 lcd.begin(16,2);
107 lcd.backlight(); //Menyalakan backlight LCD
108 lcd.setCursor(0,0);
109 lcd.print(" SISTEM KENDALI");
110 lcd.setCursor(0,1);
111 lcd.print(" PH HINDROPONIK");
112 delay(10000);
113 lcd.clear();
114 lcd.setCursor(0,1);
115 lcd.print("SV:");
116 lcd.setCursor(9,1);
117 lcd.print("FV:");
118 }
119

```

## B600\_Realisasi\_Kendali

```

121 void loop() {
122   ///[3]
123   //3a. Membaca nilai SV
124   start = digitalRead(pinSi); //membaca apakah pd posisi 1 atau 0
125   if (start == 1){
126     SV = 3.30;
127   }
128   else if (start == 0){
129     SV = 7.30 ;
130   }
131   // analogWrite(EN_A,0);
132   //3b. Membaca FV (Sensor pH)
133   for(int i = 0; i<10; i++){
134     bufADCPH[i] = analogRead(pinPH);
135     delay(10);
136   }
137
138   for (int i = 0; i<9; i++){
139     for(int j=i+1; j<10; j++){
140       if (bufADCPH[i]>bufADCPH[j]){
141         temp =bufADCPH[i];
142         bufADCPH[i] = bufADCPH[j];
143         bufADCPH[j] = temp;
144       }
145     }
146   }
147   rataADCPH=0;
148   for(int i = 2; i<8; i++){
149     rataADCPH+=bufADCPH[i];
150   }
151   float teganganPH = (float) rataADCPH*5.0/1024/6;
152   float nilaipH = 2.101628 ^ teganganPH + 2.917;
153   FV = nilaipH;
154
155   //3c. Melakukan filter
156   FVE = (FV + a^FVE_1)/(a+1);
157   FVE_1 =FVE;
158

```

## B600\_Realisasi\_Kendali

```

157   FVE_1 =FVE;
158
159   //3d. Hitung error
160   float e = FVE - SV;
161   //3e. Menghitung Kp
162   P = Kp ^ e;
163
164   //3f. Menghitung bagian I
165   eint_update = ((et-et_1)*Ts)/2;
166   eint=eint_1+eint_update;
167   I=Ki*eint;
168
169   //3g. Menghitung bagian D
170   edif = (et-et_1)/Ts;
171   D = Kd ^ edif;
172   //3h. Hitng keluaran PID
173   MV = P + I + D;
174
175   // [4]
176   //4a. Membatasi keluaran MV agar tidak lebih dari spesifikasi
177   if (MV> 255){
178     MV = 255;
179   }
180   else if (MV<0){
181     MV=0;
182   }
183   else{
184     MV = MV;
185   }
186   //4b. Menuliskan MV ke pin out
187   digitalWrite(EN_A, MV);
188
189   // [5]
190   //5a. Menghitung Ts
191   t_1 = t;
192   t = millis();
193   Ts =(t - t_1)/1000;
194
195   //5b. Menghitung waktu elapsed untuk menentukan kapan nilai di display
196   interval_elapsed= interval_elapsed +Ts;
197   // [6]
198   Cek hasil penjumlahan Ts akan di cek apakah sudah sama/ lebih dari batas interval
199   if (interval_elapsed >= interval_limit){
200     // [7]

```

```

196 // [7]
197 // 7a. Menampilkan Display plotter
198 Serial.print(0);
199 Serial.print(" ");
200 Serial.print(12);
201 Serial.print(" ");
202 Serial.print(SV);
203 Serial.print(" ");
204 Serial.println(PVF);
205
206 lcd.setCursor(0,0);
207 lcd.print(Kp);
208 lcd.setCursor(6,0);
209 lcd.print(Ti);
210 lcd.setCursor(11,0);
211 lcd.print(Td);
212 lcd.setCursor(3,1);
213 lcd.print(SV);
214 lcd.setCursor(12,1);
215 lcd.print(PVF);
216
217 // 7b. Mereset nilai IE
218 interval_elapsed = 0;
219 // setelah ditampilkan agar perhitungan di ulang dari nol lagi
220 else{
221     interval_elapsed = interval_elapsed;
222 // 8 Mengeset untuk perhitungan selanjutnya
223     et_l = et;
224     eint_l = eint;
225 }
226 }

```

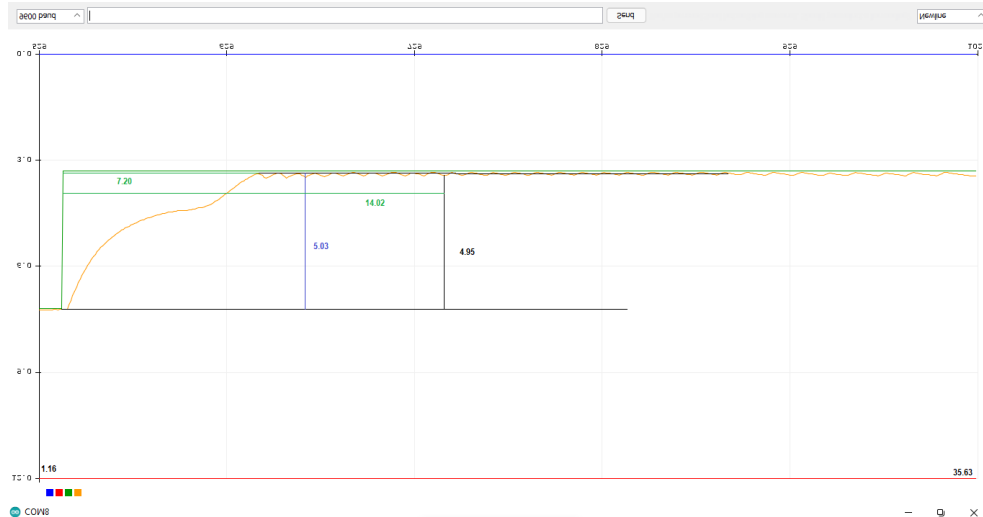
Gambar 6. 1 Source Code Realisasi Kendali

## Respon Plant

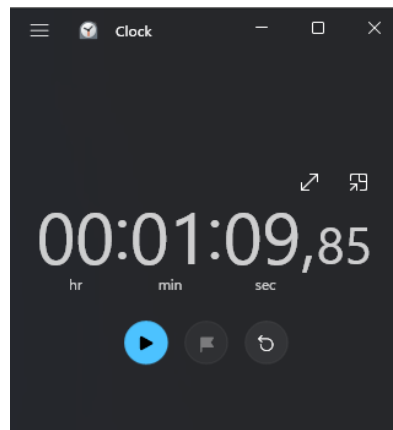


Gambar 6. 2 Respon Plant

## Analisa Respon Transien



Gambar 6. 3 Analisa Transien



Gambar 6. 4 Waktu Nyata

### Analisa Respon

- a. Menghitung nilai %Overshoot

$$\%Overshoot = \frac{(\text{Nilai puncak} - \text{Nilai Steady})}{\text{Nilai Steady}} * 100\%$$

$$\%Overshoot = \frac{(5.03 - 5.03)}{5.03} * 100\%$$

$$= 0.00\%$$

Jadi, %overshoot keasaman air pH 7.24 s.d. pH 3.39 adalah 0.00%

- b. Menghitung nilai Rise time

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = \frac{Range_{\text{sinyalnyata}} * Tr_{\text{gambar}}}{Range_{\text{gambar}}}$$

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = \frac{69.85 * 7.20}{(35.63 - 1.16)}$$

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = 14.59 \text{ detik}$$

Jadi, rise time (Tr) keasaman air dari pH 7.24 s.d. pH 3.39 adalah 14.59 detik.



c. Menghitung nilai *Settling time*

$$Ts_{sinyalnyata} = \frac{Range_{sinyalNyata} * Ts_{gambar}}{Range_{gambar}}$$

$$Tr_{sinyalnyata} = \frac{69.85 * 14.02}{(35.63 - 1.16)}$$

$$Ts_{sinyalnyata} = 28.41 \text{ detik}$$

Jadi, *settling time* ( $Tr$ ) keasaman air pH 7.24 s.d. pH 3.39 adalah 28.41 detik.

d. Menghitung nilai *Error Steady State*

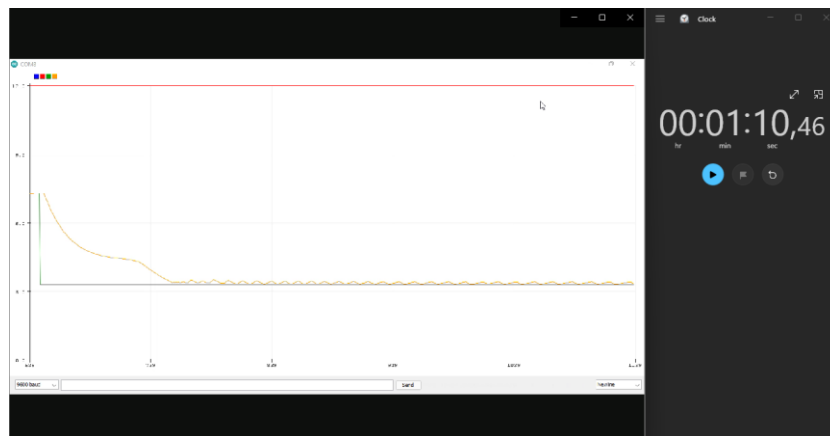
$$ess = 3.39 - 3.30 = 0.09 \text{ pH}$$

## 2.4 Tuning Parameter

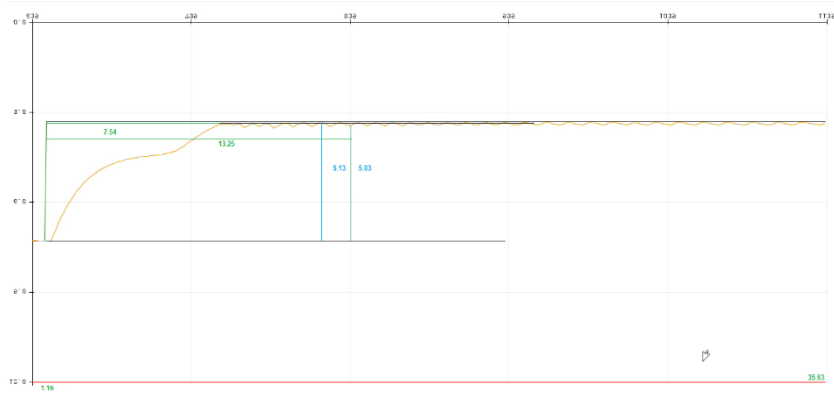
Karena masih terdapat *ess* dan *settling time* yang cukup lama, maka dilakukan tuning parameter. Ketika parameter dinaikkan.

Tabael 6.2 Tunning Parameter

Parameter	Rise Time	Overshoot	Settling Time	S-S Error
Kp	Berkurang	Bertambah	Minor Change	Berkurang
Ki	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
Kd	Minor Change	Berkurang	Berkurang	Minor Change



Gambar 6. 5 Respon Hasil Tuning



Gambar 6. 6 Analisa Transien Respon

#### Analisa Respon

- a. Menghitung nilai %Overshoot

$$\%Overshoot = \frac{(\text{Nilai puncak} - \text{Nilai Steady})}{\text{Nilai Steady}} * 100\%$$

$$\%Overshoot = \frac{(5.03 - 5.03)}{5.03} * 100\%$$

$$= 0.00\%$$

Jadi, %overshoot keasaman air pH 7.29 s.d. pH 3.35 adalah 0.00%

- b. Menghitung nilai *Rise time*

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = \frac{Range_{\text{sinyalNyata}} * Tr_{\text{gambar}}}{Range_{\text{gambar}}}$$

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = \frac{70.46 * 7.54}{(35.63 - 1.16)}$$

$$Tr_{\text{sinyalnyata}} = 15.41 \text{ detik}$$

Jadi, *rise time* (*Tr*) keasaman air dari pH 7.29 s.d. pH 3.35 adalah 14.59 detik.

- c. Menghitung nilai *Settling time*

$$TS_{\text{sinyalnyata}} = \frac{Range_{\text{sinyalNyata}} * TS_{\text{gambar}}}{Range_{\text{gambar}}}$$

$$TS_{\text{sinyalnyata}} = \frac{70.46 * 13.25}{(35.63 - 1.16)}$$

$$TS_{\text{sinyalnyata}} = 27.08 \text{ detik}$$

Jadi, *settling time* (*Tr*) keasaman air pH 7.24 s.d. pH 3.35 adalah 27.08 detik.

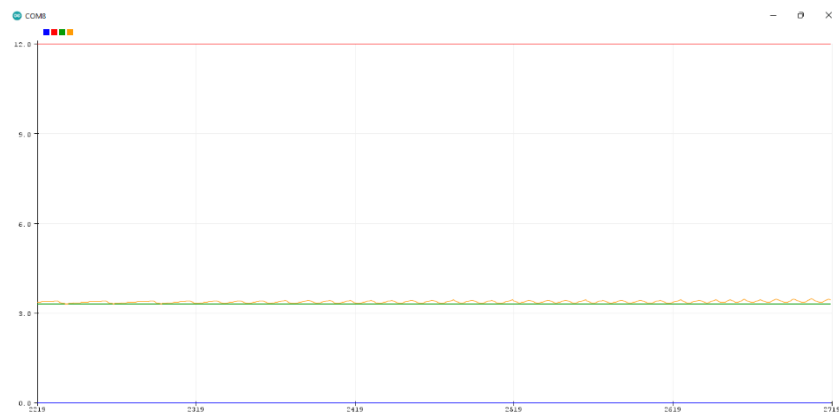
- d. Menghitung nilai *Error Steady State*

$$ess = 3.35 - 3.30 = 0.05 \text{ pH}$$

## 2.5 Uji Gangguan

### a. Uji Gangguan yang dapat dikompensasi

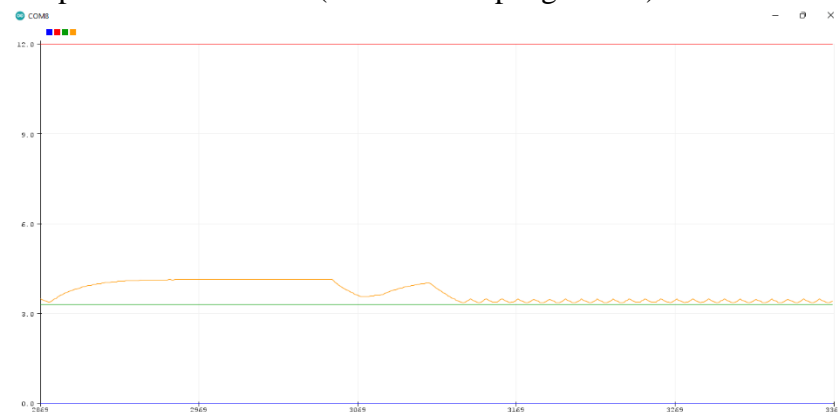
Uji gangguan ini menggunakan pupuk urea yang sudah dicampur dengan air kemudian dilarutkan ke plant. pH pupuk urea = 7.74 (Berdasarkan pengukuran)



Gambar 6. 7 Uji Gangguan dapat dikompensasi

### b. Uji Gangguan yang tidak dikompensasi

Uji gangguan ke 2 menggunakan soda kue , karena pH nya lebih tinggi daripada pupuk urea. pH soda kue = 8.23 (Berdasarkan pengukuran)



Gambar 6. 8 Uji Gangguan Tidak Dapat Dikompensasi

## III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh data – data sebagai berikut :

Tabel 6.3 Parameter Kendali dan Analisa Transient

No	Parameter Kendali			Analisa Hasil Transien				Keterangan
	Kp	Ti	Td	%Os	Tr (s)	Ts (s)	Ess (pH)	
1	9,995	0,746	0,187	0	14,59	28,41	0,09	Hasil Desain
2	10,5	0,6	0,15	0	15,41	27,08	0,05	Hasil Tuning

Parameter hasil tuning sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

#### **IV. PENUTUP**

Demikian dokumen B600 ini dibuat untuk merealisasikan hasil desain parameter kendali dan pengujian gangguan pada proyek mandiri Sistem Kendali Digital yang akan dibuat. Untuk selanjutnya diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan tahapan selanjutnya.