

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tujuan pengujian sistem adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan karakteristik setiap blok dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

5.1 Pengujian Sensor Suhu KTY 10-6

a. Tujuan

Mengetahui kemampuan pembacaan sensor suhu KTY 10-6 terhadap perubahan suhu dengan membandingkannya dengan sensor suhu *infrared*.

b. Peralatan yang Digunakan

- Sensor KTY 10-6
- *Plant* 73412
- Sensor suhu *infrared*
- *Power Supply* 11V
- Voltmeter

c. Langkah Pengujian

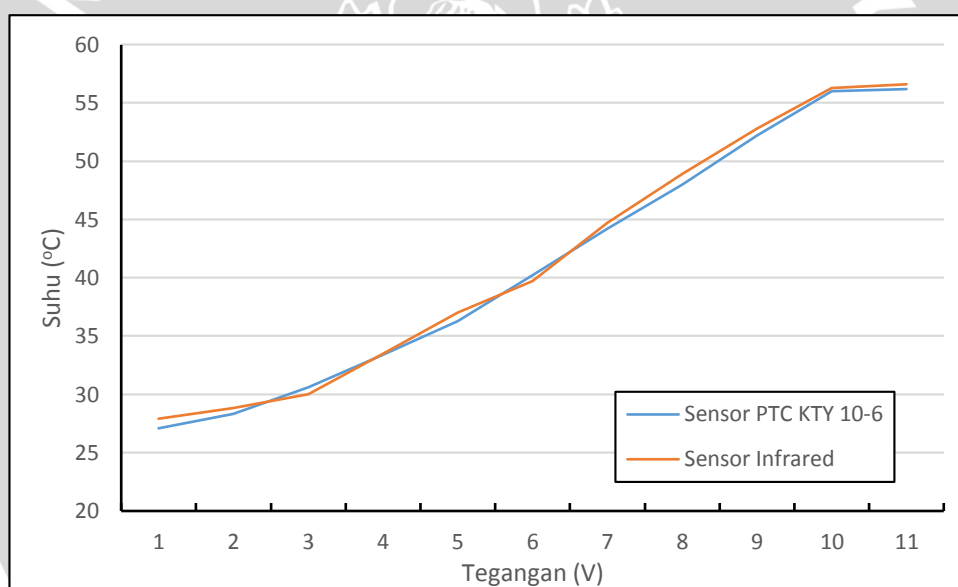
1. Menghubungkan *power supply* dengan *input plant* 73412.
2. *Input plant* 73412 dinaikkan 1V, dalam rentang 1V-11V.
3. Voltmeter mengukur *output* sensor KTY 10-6 ($1V = 10^{\circ}C$).
4. Membandingkan hasil *output* sensor KTY 10-6 dengan sensor suhu *infrared*.

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sensor KTY 10-6 ditunjukkan dalam Tabel 5.1. Didapatkan grafik linearitas antara suhu dengan resistansi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu KTY 10-6

Input plant 73412 (V)	Output sensor suhu KTY 10-6 (°C)	Output sensor suhu infrared (°C)	Error pembacaan (%)
1	27.1	27.9	2.86
2	28.3	28.8	1.74
3	30.6	30	2
4	33.4	33.5	0.3
5	36.3	37	1.89
6	40.2	39.7	1.28
7	44.2	44.7	1.12
8	48	48.9	1.84
9	52.2	52.8	1.14
10	56	56.3	0.53
11	56.2	56.6	0.71
Error rata-rata			1.4

Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Sensor KTY 10-6 dengan Sensor *infrared*

Sesuai dengan hasil pengujian pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1, sensor suhu KTY 10-6 memiliki kemampuan baik dalam melakukan pembacaan perubahan suhu dibuktikan dengan *error* rata-rata yang didapat dengan cara membandingkan dengan pembacaan sensor suhu *infrared* sebesar 1,4%.

5.2 Pengujian Driver L298

a. Tujuan

Mengetahui *output driver* L298 terhadap perubahan *duty cycle* dari mikrokontroler STM32F4 Discovery.

b. Peralatan yang Digunakan

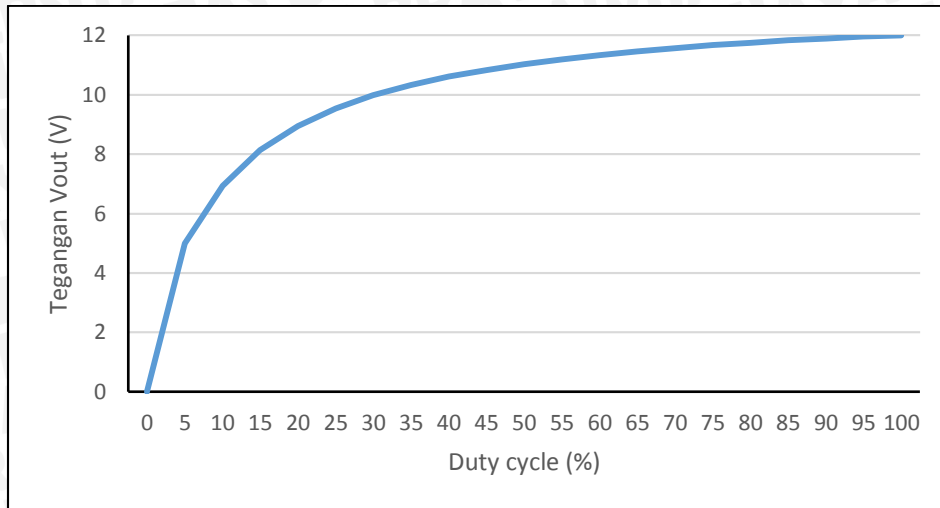
- STM32F4 *Discovery*
- *Driver* L298
- *Power Supply* 12V
- *Power Supply* 5V
- Voltmeter

c. Langkah Pengujian

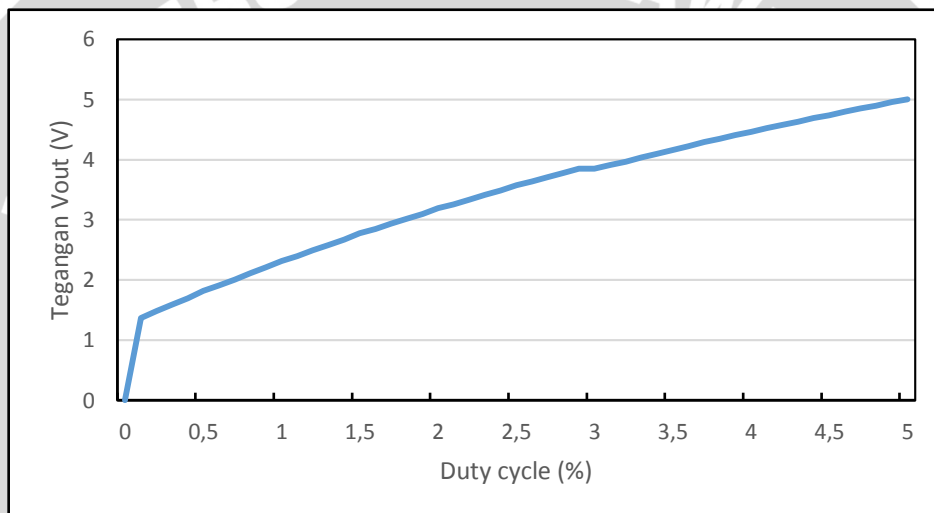
1. Menghubungkan *power supply* 12V dengan Pin Vs *driver* L298.
2. Menghubungkan *power supply* 5V dengan Pin Vin *driver* L298.
3. Menghubungkan Pin D1-D2 STM32F4 *Discovery* dengan Pin *INPUT_1* dan Pin *INPUT_2 driver* L298.
4. Menghubungkan Pin A0 STM32F4 *Discovery* dengan Pin *ENABLE_A driver* L298.
5. Dalam pengujian pertama *duty cycle* PWM yang keluar dari Pin A0 STM32F4 *Discovery* akan dinaikan setiap 5% dalam rentang 0-100%. Pengujian kedua *duty cycle* PWM yang keluar dari Pin A0 STM32F4 *Discovery* akan dinaikan setiap 0,1% dalam rentang 0-5%. Pengujian ketiga *duty cycle* PWM yang keluar dari Pin A0 STM32F4 *Discovery* akan dinaikan setiap 0,5% dalam rentang 5-15%. Pengujian keempat *duty cycle* PWM yang keluar dari Pin A0 STM32F4 *Discovery* akan dinaikan setiap 5% dalam rentang 15-100%.
6. Catat data masing-masing pengujian.

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian *driver* L298 ditunjukkan dalam Gambar 5.2, Gambar 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5. Data untuk Gambar 5.2, dapat dilihat pada lampiran Tabel 5.2. Sedangkan data untuk Gambar 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5, dapat dilihat pada lampiran Tabel 5.3, lampiran Tabel 5.4, lampiran Tabel 5.5.

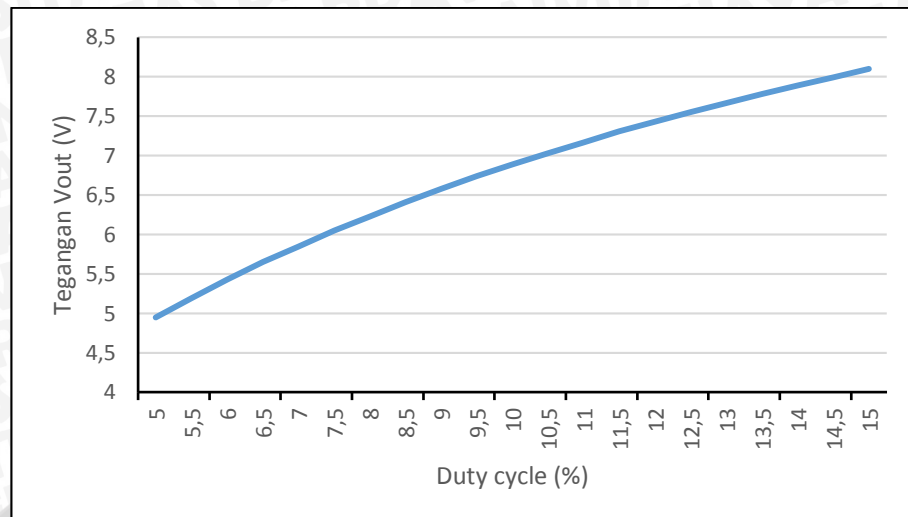


Gambar 5.2 Grafik Hubungan *Duty Cycle* (0-100%) dengan *Vout Driver L298*

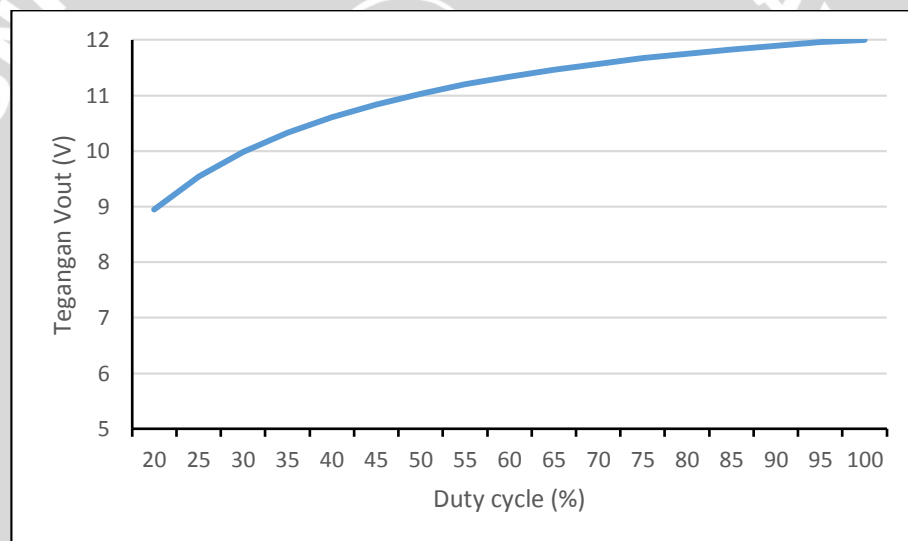


Gambar 5.3 Grafik Hubungan *Duty Cycle* (0-5%) dengan *Vout Driver L298*





Gambar 5.4 Grafik Hubungan *Duty Cycle* (5-15%) dengan *Vout Driver L298*



Gambar 5.5 Grafik Hubungan *Duty Cycle* (15-100%) dengan *Vout Driver L298*

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 5.2, hasil *output Vout driver L298* dengan PWM STM32F4 *Discovery* memiliki tingkat linearitas yang tidak terlalu baik. Pada Gambar 5.3, Gambar 5.4, Gambar 5.5 hasil *output Vout driver L298* dengan PWM STM32F4 *Discovery* memiliki tingkat linearitas yang baik sehingga *driver L298* baik digunakan.

5.3 Pengujian *Plant 73412*

a. Tujuan

Mengetahui pengaruh perubahan *input* tegangan *plant 73412* terhadap *output plant 73412*.

b. Peralatan yang Digunakan

- *Plant 73412*
- *Power supply 12V*
- *Setpoint* potensiometer 0-11V
- Voltmeter

c. Langkah Pengujian

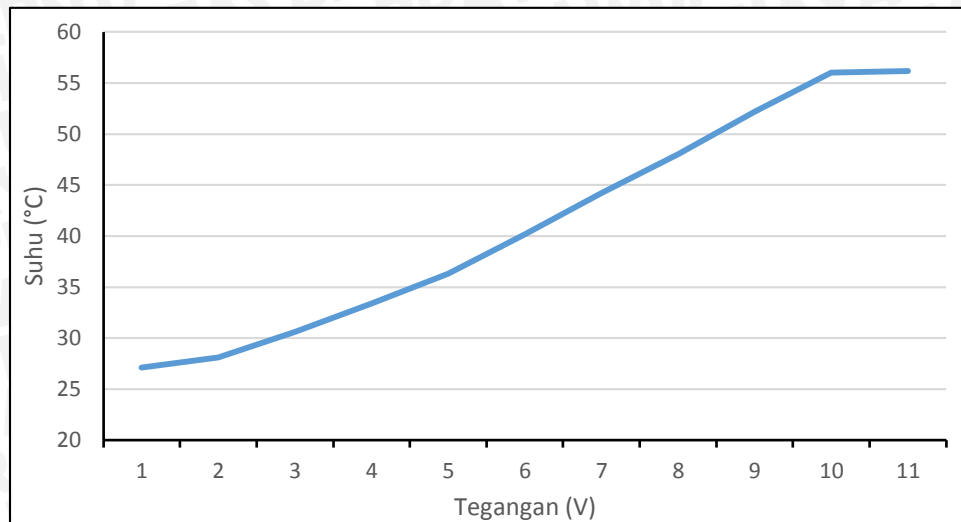
1. Menghubungkan *power supply 12V* dengan *input setpoint* potensiometer.
2. Menghubungkan *output setpoint* potensiometer dengan *input plant 73412*.
3. Naikan output setpoint potensiometer dengan kenaikan 1V, dalam rentang 0-11V.

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian *plant 73412* dapat dilihat dalam Tabel 5.6 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.6 Hasil pengujian *Plant 73412*

<i>Input plant 73412 (V)</i>	<i>Output Plant 73412 (°C)</i>
1	27,1
2	28,3
3	30,6
4	33,4
5	36,3
6	40,2
7	44,2
8	48
9	52,2
10	56
11	56,2



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Tegangan *Input Plant 73412* dengan Suhu *Output Plant 73412*

Bedasarkan data hasil pengujian yang ditampilkan Gambar 5.6, hasil hubungan *output plant 73412* dengan *input plant 73412* memiliki tingkat linearitas yang baik tegangan *input 2V* sampai *10V* dengan *range* suhu *30°C* sampai *55°C*, sehingga *setpoint* yang akan diujikan harus berada pada rentang suhu *30°C* sampai *55°C*.

5.4 Pengujian Gangguan pada *Plant 73412*

a. Tujuan

Mengetahui pengaruh perubahan *output plant 73412* saat diberi gangguan. Gangguan akan berupa perubahan kecepatan kipas dari skala kecepatan 2 menjadi skala kecepatan 4.

b. Peralatan yang Digunakan

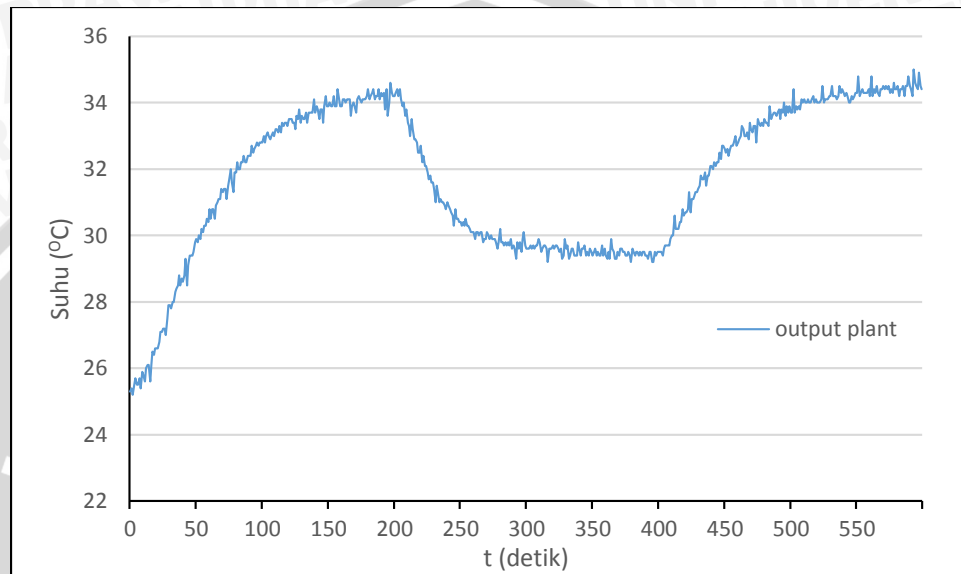
- *Plant 73412*
- *Power supply 12V*
- *Setpoint* potensiometer 0-11V
- *Personal Computer (PC)*

c. Langkah Pengujian

1. Menghubungkan *power supply 12V* dengan *input setpoint* potensiometer.
2. Menghubungkan *output setpoint* potensiometer dengan *input plant 73412*.
3. *Output setpoint* potensiometer diatur pada tegangan 4V.

4. Skala kecepatan kipas diatur pada posisi 2.
 5. Pada detik ke 200 skala kecepatan kipas diubah ke posisi 4.
 6. Pada detik ke 400 skala kecepatan kipas diubah ke posisi 2.
- d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian *plant* 73412 dapat dilihat dalam lampiran Tabel 5.7 dan Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik output *Plant* 73412 dengan Gangguan

Bedasarkan data hasil pengujian yang ditampilkan Gambar 5.7, pengaruh gangguan yang diujikan dapat menurunkan suhu hingga 5°C atau 14.7% dari suhu *steady state*.

5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

a. Tujuan

Mengetahui *output plant* 73412 dengan menggunakan kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan dengan kontroler PID. Membandingkan hasil kedua kontroler digunakan, serta melihat perubahan parameter saat menggunakan kontroler *fuzzy self-tuning PID*. Pada pengujian ini gangguan akan berupa perubahan kecepatan kipas dari skala 2 ke skala 4 saat detik ke 200 dan dikembalikan pada skala 2 saat detik ke 400. Modul kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan PID akan berisi mikrokontroler STM32F4 *Discovery*, dan *driver* L298.

b. Peralatan yang Digunakan

- *Plant* 73412
- Modul Kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan PID

- *Power supply* 12V
- PC

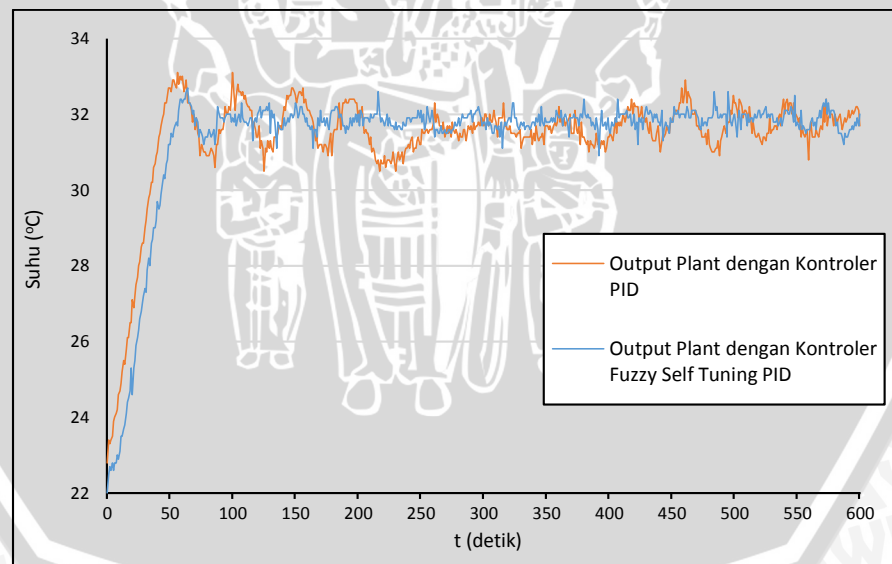
c. Langkah Pengujian

1. Menghubungkan *power supply* 12V dengan Modul Kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan PID.
2. Menghubungkan *output plant* 73412 dengan Modul Kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan PID.
3. Kecepatan kipas diatur pada skala 2.
4. *Setpoint* diatur pada suhu 32°C, 34°C, 36°C, dan 38°C.
5. Pada detik ke 200 kecepatan kipas diubah ke skala 4.
6. Pada detik ke 400 kecepatan kipas diubah ke skala 2.
7. Lihat hasil *output plant* 73412 melalui PC.

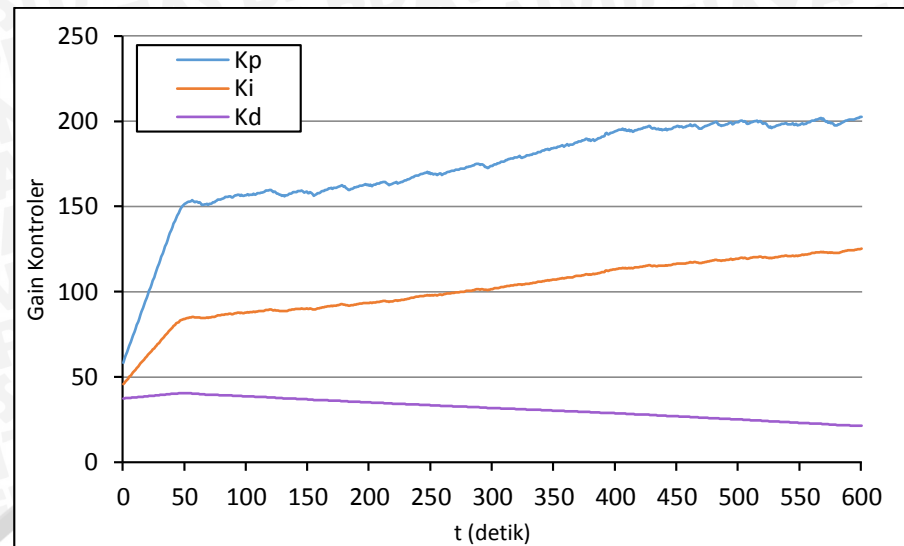
d. Hasil Pengujian dan Analisis

1. Hasil Pengujian *setpoint* 32°C

Hasil pengujian *plant* 73412 dengan *setpoint* 32°C, dapat dilihat dalam lampiran Tabel 5.8 dan Gambar 5.8 untuk *output plant* 73412 dan Gambar 5.9 untuk perubahan parameter kontroler *fuzzy self-tuning PID*.



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler PID dengan *Setpoint* 32°C

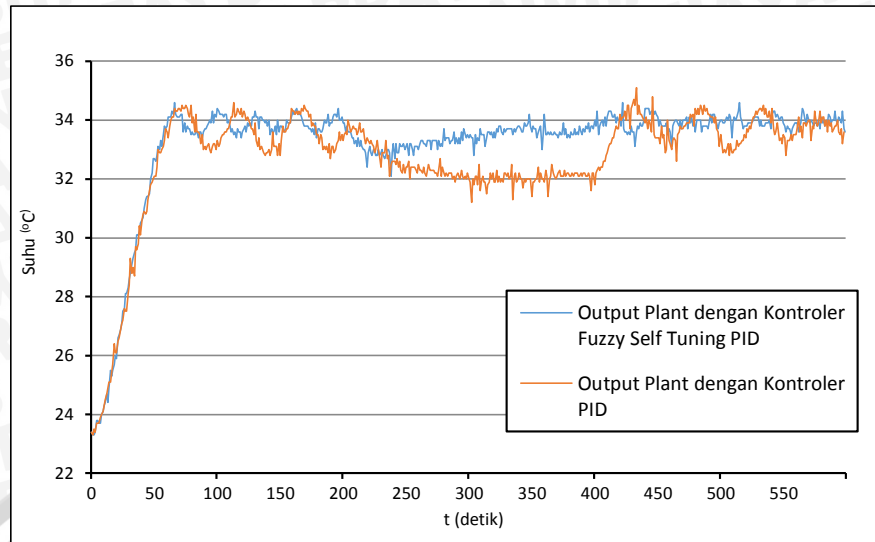


Gambar 5.9 Grafik Perubahan Parameter Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dengan *Setpoint 32°C*

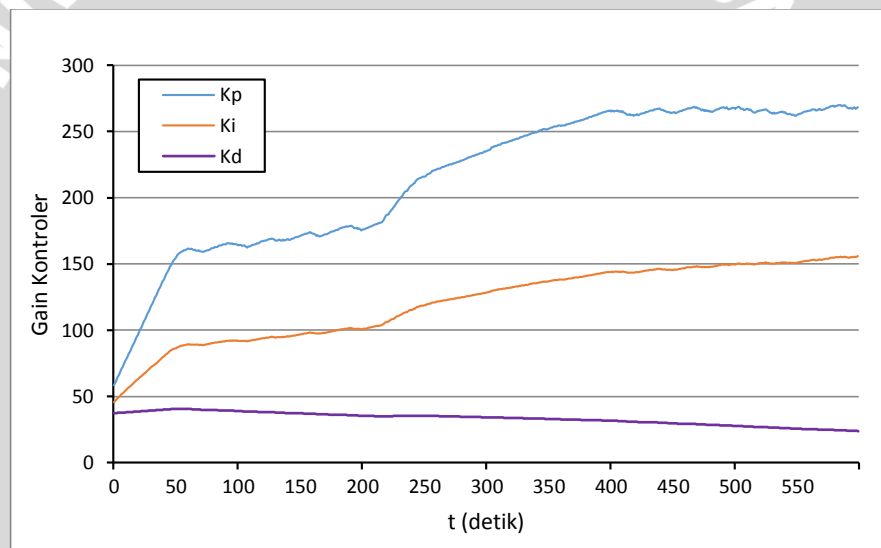
Gambar 5.8 menunjukkan *output* kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan kontroler PID tidak mengalami *overshoot* dengan *settling time* untuk kontroler PID sebesar 37 detik dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 47 detik. Rata-rata *error steady state* belum diberikan gangguan kontroler PID sebesar 1.75% sedangkan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 0.84%. Saat diberi gangguan kontroler PID sempat mengalami penurunan suhu 1.2°C atau 4.67% dari nilai *setpoint* sedang kontroler *fuzzy self-tuning PID* mengalami penurunan sebesar 0.4°C atau 0.84% dari nilai *setpoint*. Dari Gambar 5.9 perubahan parameter dari kontroler *fuzzy self-tuning PID*, parameter K_p dan K_i terjadi perubahan drastis saat *output plant* belum *steady state* dan saat diberi gangguan. Sedangkan K_d berubah secara drastis saat *output plant* belum *steady state* sedangkan setelahnya K_d cenderung menurun. Nilai akhir K_p saat percobaan adalah 202.43, sedangkan nilai akhir K_i adalah 125.09 dan nilai akhir K_d adalah 21.28.

2. Hasil Pengujian *setpoint 34°C*

Hasil pengujian *plant 73412* dengan *setpoint 34°C*, dapat dilihat dalam lampiran Tabel 5.9 dan Gambar 5.10 untuk *output plant 73412* dan Gambar 5.11 untuk perubahan parameter kontroler *fuzzy self-tuning PID*.



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler PID dengan *Setpoint 34°C*



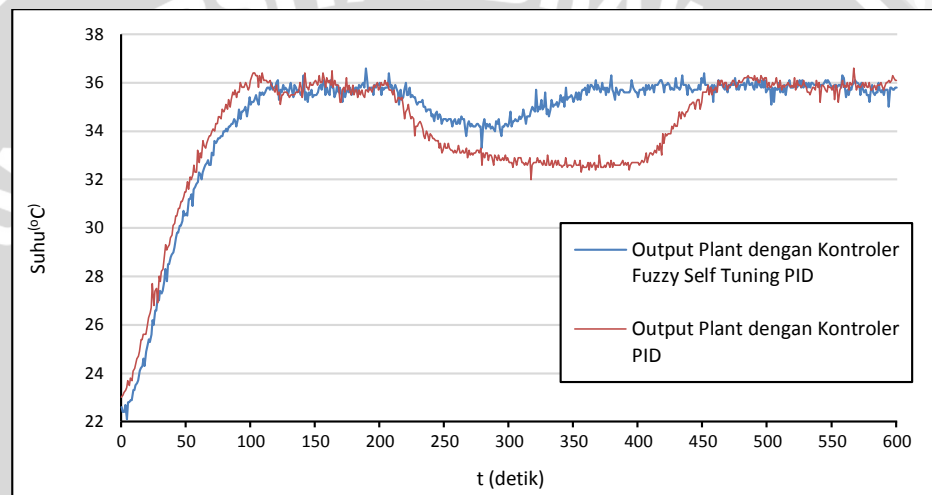
Gambar 5.11 Grafik Perubahan Parameter Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dengan *Setpoint 34°C*

Dari Gambar 5.10 menunjukkan *output* kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan kontroler PID tidak mengalami *overshoot* dengan *settling time* untuk kontroler PID sebesar 61 detik dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 57 detik. Rata-rata *error steady state* saat belum diberikan gangguan kontroler PID sebesar 1.62% sedangkan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 0.84%. Saat diberi gangguan kontroler PID sempat mengalami penurunan suhu 2.6°C atau 7.65% dengan *recovery time* sebesar 215 detik, sedangkan kontroler *fuzzy self-tuning PID* mengalami penurunan suhu sebesar 1.9°C atau 5.5% dan membutuhkan *recovery time* sebesar 114 detik. Dari Gambar 5.11 perubahan parameter dari

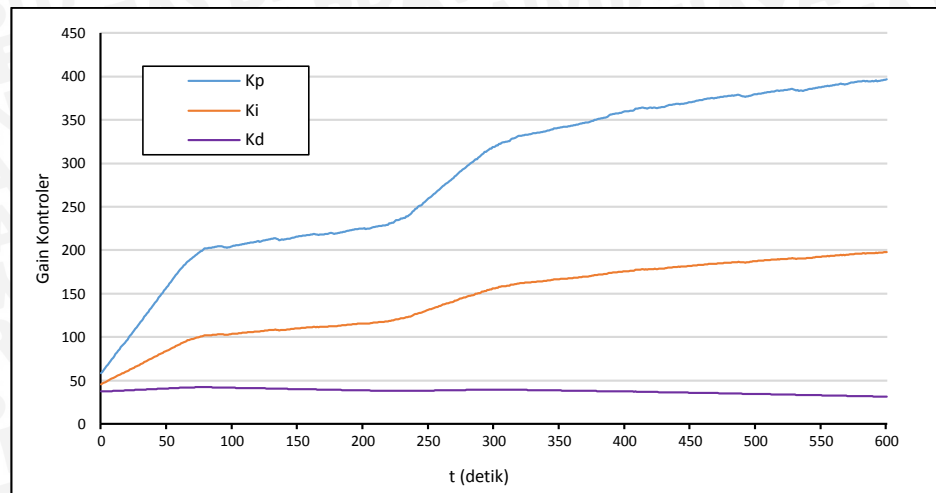
kontroler *fuzzy self-tuning PID*, parameter K_p dan K_i terjadi perubahan drastis saat *output plant* belum *steady state* dan saat diberi gangguan. Sedangkan K_d berubah secara drastis saat *output plant* belum *steady state* sedangkan setelahnya K_d cenderung menurun. Nilai akhir K_p saat percobaan adalah 268.27, sedangkan nilai akhir K_i adalah 155.73 dan nilai akhir K_d adalah 23.81.

3. Hasil Pengujian *setpoint* 36°C

Hasil pengujian *plant* 73412 dengan *setpoint* 36°C, dapat dilihat dalam lampiran Tabel 5.10 dan Gambar 5.12 untuk *output plant* 73412 dan Gambar 5.13 untuk perubahan parameter kontroler *fuzzy self-tuning PID*.



Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler *PID* dengan *Setpoint* 36°C

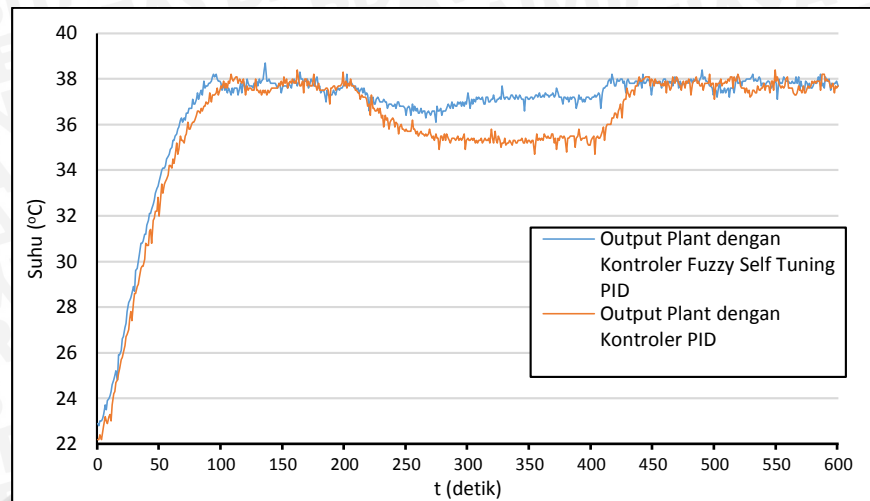


Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler PID dengan *Setpoint* 36°C

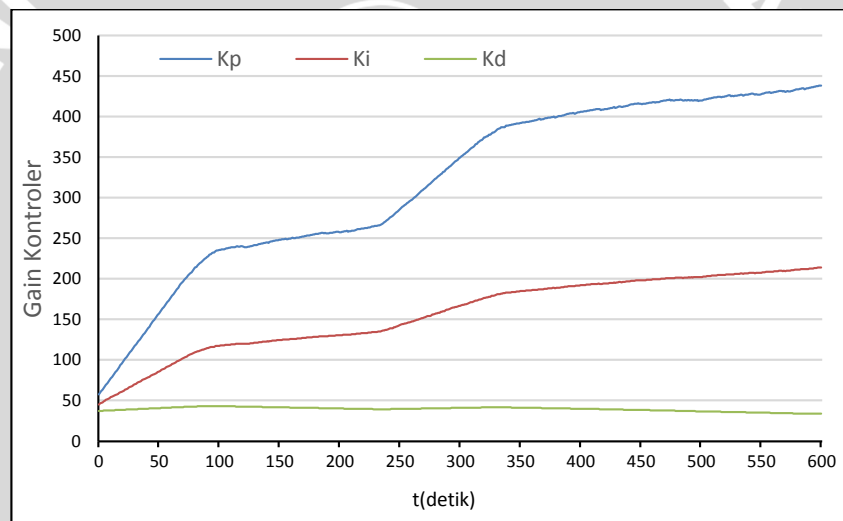
Dari Gambar 5.12 menunjukkan *output* kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan kontroler PID tidak mengalami *overshoot* dengan *settling time* untuk kontroler PID sebesar 85 detik dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 95 detik. Rata-rata *error steady state* saat belum diberikan gangguan kontroler PID sebesar 1.12% sedangkan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 0.96%. Saat diberi gangguan kontroler PID mengalami penurunan suhu sebesar 3.3°C atau 9.16% dengan *recovery time* sebesar 250 detik dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* mengalami penurunan suhu 2.2°C atau 6.11% dari nilai *setpoint* dan lama *recovery time* sebesar 142 detik. Dari Gambar 5.13 perubahan parameter dari kontroler *fuzzy self-tuning PID*, parameter K_p dan K_i terjadi perubahan drastis saat *output plant* belum *steady state* dan saat diberi gangguan. Sedangkan K_d berubah secara drastis saat *output plant* belum *steady state* setelahnya K_d cenderung menurun. Nilai akhir K_p saat percobaan adalah 396.61, sedangkan nilai akhir K_i adalah 197.93 dan nilai akhir K_d adalah 31.55.

4. Hasil Pengujian *setpoint* 38°C

Hasil pengujian *plant* 73412 dengan *setpoint* 36°C, dapat dilihat dalam lampiran Tabel 5.11 dan Gambar 5.14 untuk *output plant* 73412 dan Gambar 5.15 untuk perubahan parameter kontroler *fuzzy self-tuning PID*.



Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler PID dengan *Setpoint* 38°C



Gambar 5.15 Grafik Perbandingan Kontroler *Fuzzy Self-tuning PID* dan Kontroler PID dengan *Setpoint* 38°C

Dari Gambar 5.14 menunjukkan *output* kontroler *fuzzy self-tuning PID* dan kontroler PID tidak mengalami *overshoot* dengan *settling time* untuk kontroler PID sebesar 99 detik dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 86 detik. Rata-rata *error steady state* saat belum diberikan gangguan kontroler PID sebesar 1.01% sedangkan kontroler *fuzzy self-tuning PID* sebesar 0.96%. Saat diberi gangguan kontroler PID mengalami penurunan suhu sebesar 3.3°C atau sebesar 10.31% dari nilai *setpoint* dan kontroler *fuzzy self-tuning PID* mengalami penurunan suhu sebesar 1.9°C atau sebesar 5.94% dari nilai *setpoint* dan membutuhkan

recovery time sebesar 158 detik. Dari Gambar 5.14 perubahan parameter dari kontroler *fuzzy self-tuning PID*, parameter K_p dan K_i terjadi perubahan drastis saat *output plant* belum *steady state* dan saat diberi gangguan. Sedangkan K_d berubah secara drastis saat *output plant* belum *steady state* setelahnya K_d cenderung menurun. Nilai akhir K_p saat percobaan adalah 438.58, sedangkan nilai akhir K_i adalah 214.16 dan nilai akhir K_d adalah 3.57.

