

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dilakukan dengan melakukan pengujian sistem secara menyeluruh. Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah sistem hasil perancangan sesuai dengan spesifikasi perancangan serta mengetahui hasil responnya:

4.1 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

4.1.1 Pengujian Sistem dengan Beberapa Nilai *Setpoint*

A. Tujuan

Untuk mengetahui *output plant* suhu 73412 dengan menggunakan *self-tuning PID controllers* dan melihat perubahan parameter gain kontroler PID serta perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Modul *self-tuning PID controllers* berisi *microcontroller* STM32F4 *Discovery* dan *Driver* L298.

B. Peralatan yang Digunakan

1. *Personal Computer* (PC)
2. *Power supply* 12V
3. *Power supply* 15V
4. Modul *self-tuning PID controllers*
5. *Plant* Suhu 73412

C. Prosedur Pengujian

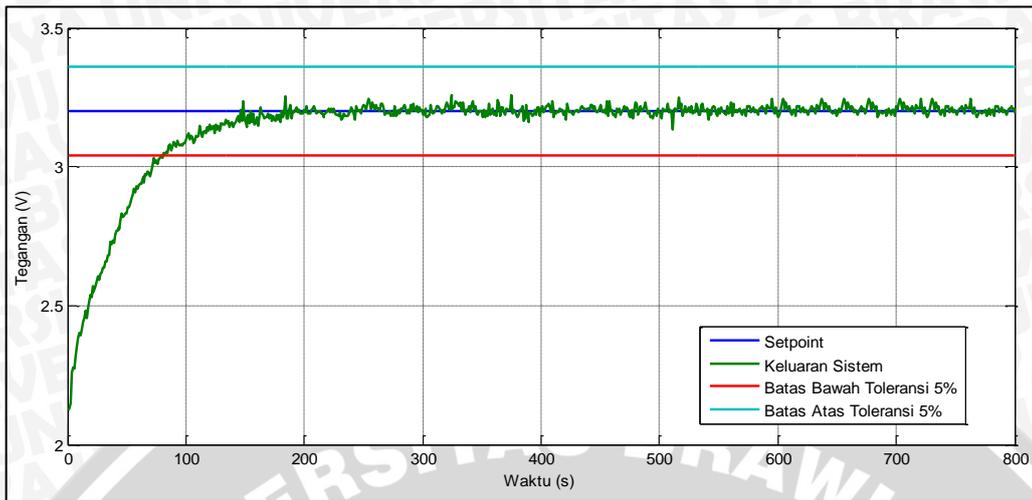
1. Menghubungkan *power supply* 15V dengan modul *self-tuning PID controllers* dan *plant* suhu 73412.
2. Menghubungkan *power supply* 12V dengan modul *self-tuning PID controllers*.
3. Mengatur kecepatan kipas pada *plant* suhu 73412 sebesar skala 2.
4. Mengatur *setpoint* sebesar 32°C, 36°C, dan 40°C.
5. Lihat hasil *output plant* suhu 73412 dengan melalui *personal computer*.

D. Hasil Pengujian dan Pembahasan

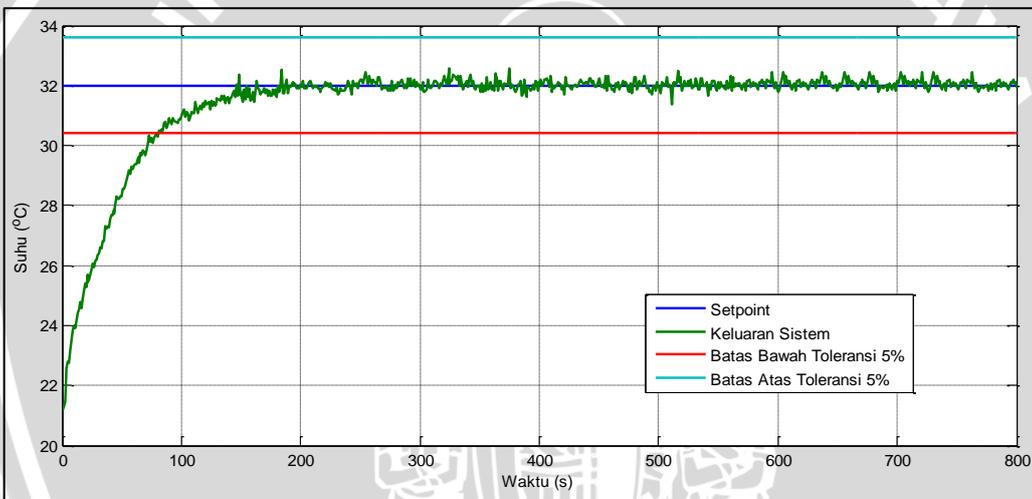
1. Hasil pengujian *output plant* suhu 73412 dengan *setpoint* 32°C

Data hasil pengujian *output plant* suhu 73412 dengan *setpoint* 32°C dapat dilihat pada lampiran di Tabel 4.2. Dari Tabel 4.2 didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.1 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.2 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap

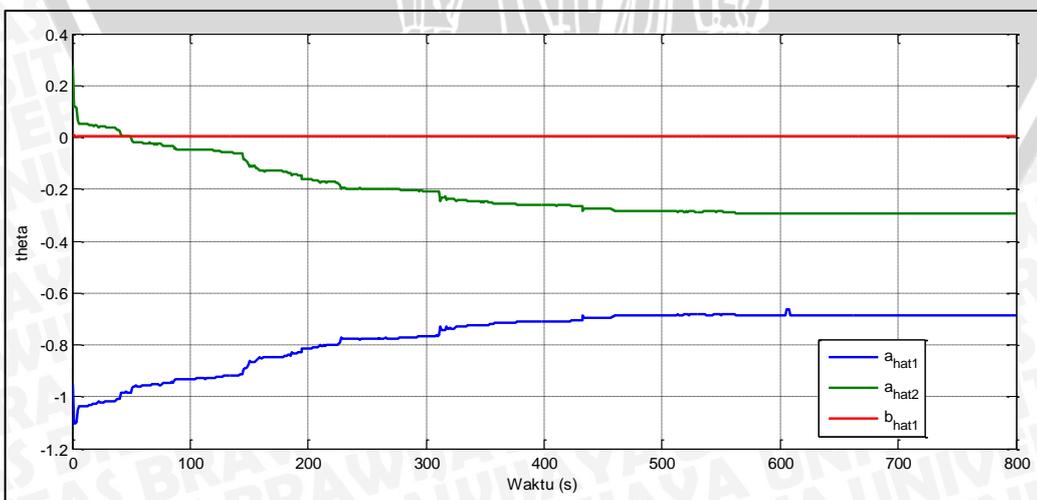
waktu. Gambar 4.3 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.4 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



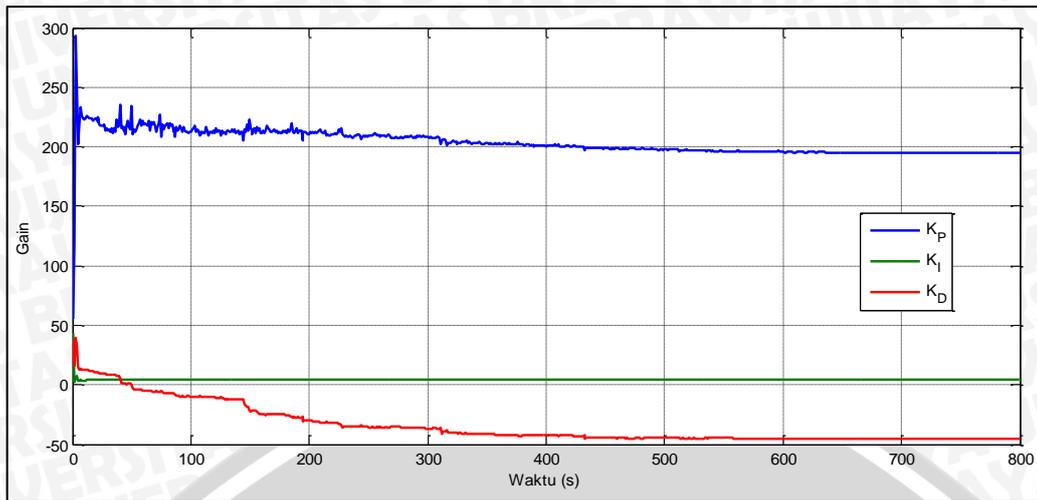
Gambar 4.1 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Setpoint 32°C



Gambar 4.2 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 32°C



Gambar 4.3 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 32°C

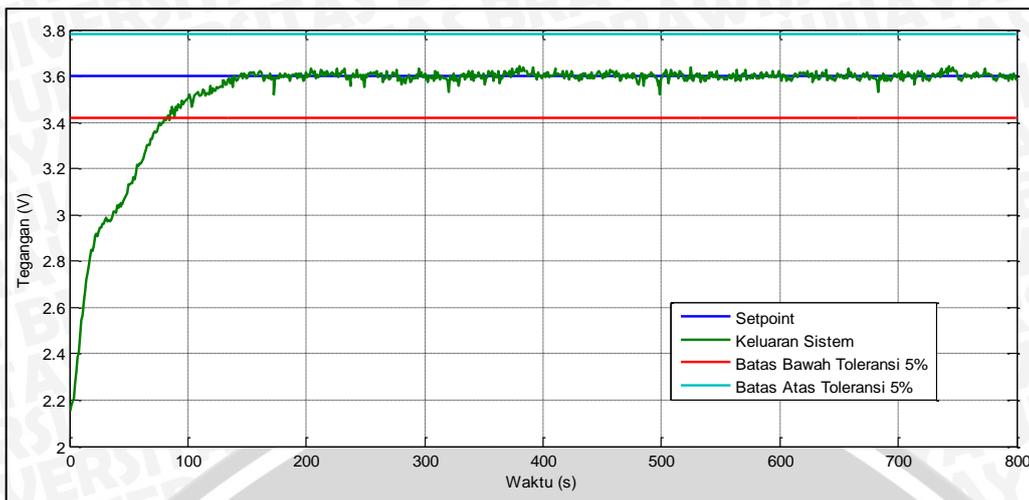


Gambar 4.4 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada Setpoint 32°C

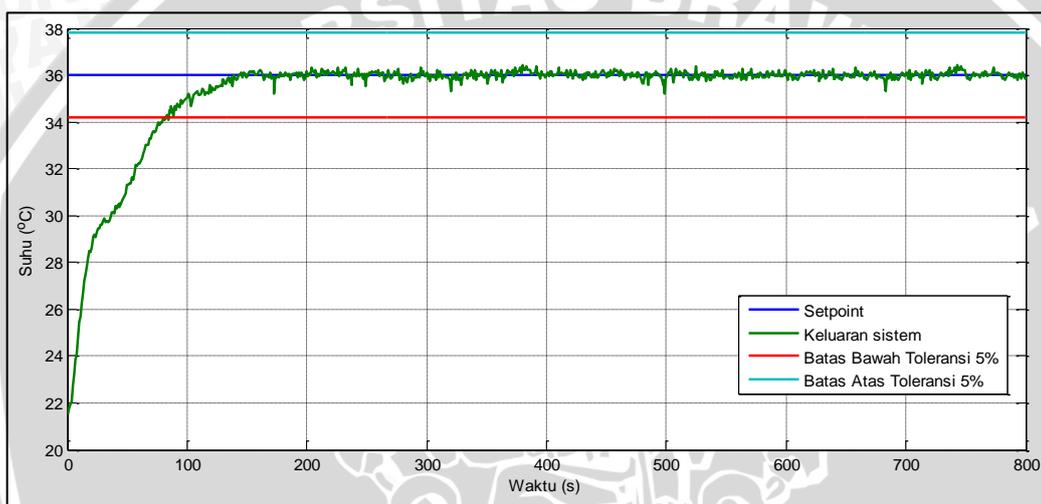
Pada Gambar 4.2 memperlihatkan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning PID controllers* tidak mengalami adanya *overshoot* dengan *settling time* (t_s) sebesar 81 detik. Rata-rata nilai *error steady state* sebesar 0,60%. Pada Gambar 4.3 menunjukkan perubahan nilai estimasi, dimana nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,6847 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,2933 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0065. Pada Gambar 4.4 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya nilai gain parameter K_P dan K_D cenderung menurun sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 195,3582 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 4,6938 dan untuk nilai K_D sebesar -45,4144.

2. Hasil *output plant* suhu 73412 dengan setpoint 36°C

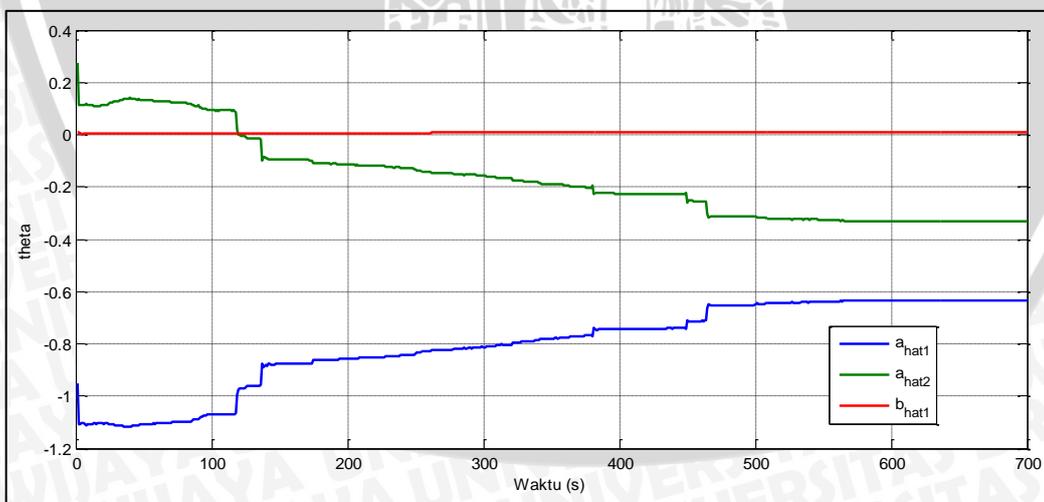
Hasil pengujian *output plant* suhu 73412 dengan setpoint 36°C didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.5 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.6 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.7 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.8 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



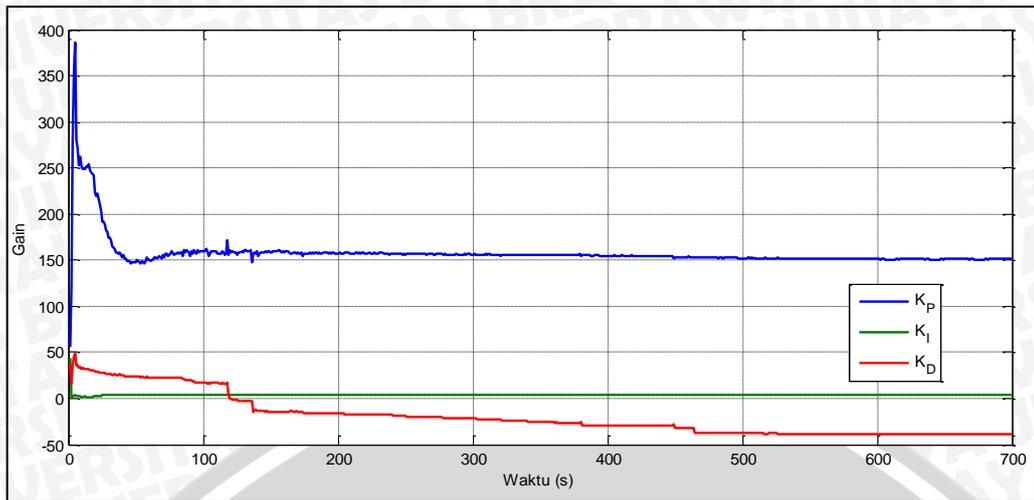
Gambar 4.5 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Setpoint 36°C



Gambar 4.6 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 36°C



Gambar 4.7 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 36°C

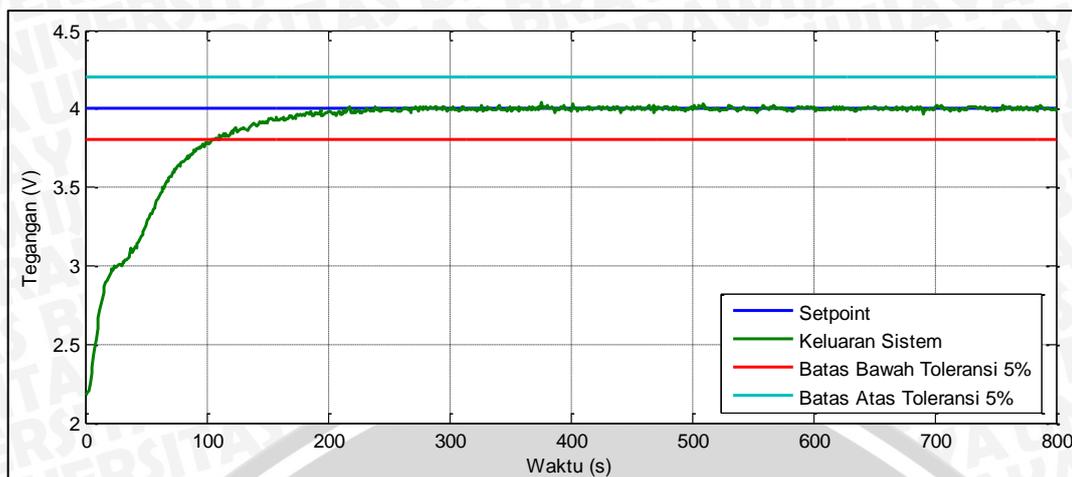


Gambar 4.8 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada Setpoint 36°C

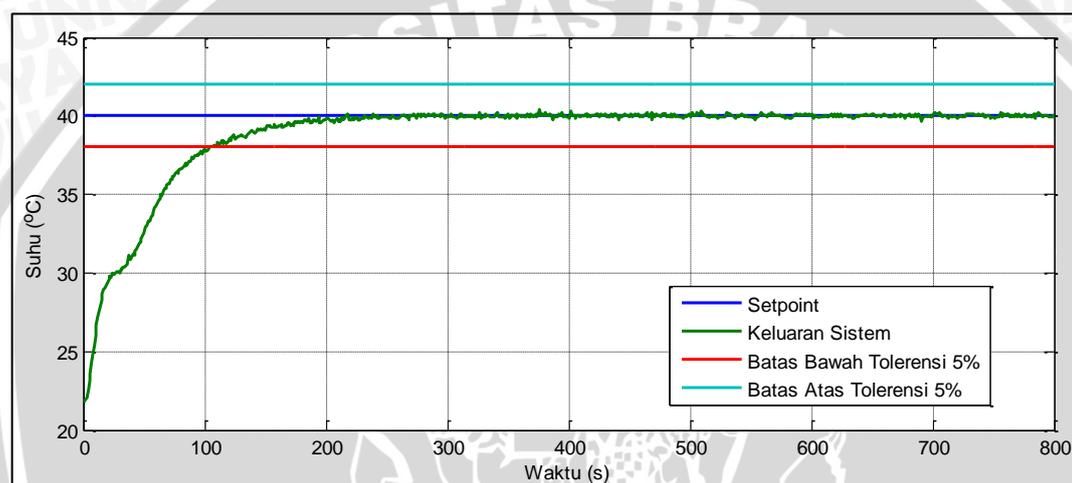
Pada Gambar 4.6 memperlihatkan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning PID controllers* tidak mengalami adanya *overshoot* dengan *settling time* (t_s) sebesar 85 detik. Rata-rata nilai *error steady state* sebesar 0,46%. Pada Gambar 4.7 menunjukkan perubahan nilai estimasi, dimana nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,6333 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,3313 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0086. Pada Gambar 4.8 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya nilai gain parameter K_P ketika sistem sudah *steady state* tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar dan untuk nilai K_D cenderung menurun sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 151,0658 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 4,1677 dan untuk nilai K_D sebesar -38,6314.

3. Hasil *output plant* suhu 73412 dengan *setpoint* 40°C

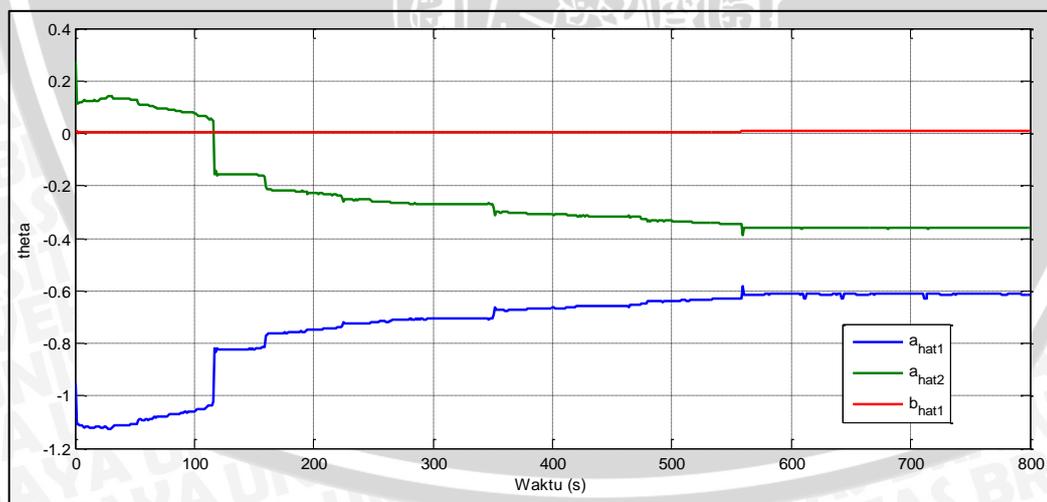
Hasil pengujian *output plant* suhu 73412 dengan *setpoint* 40°C didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.9 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.10 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.11 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.12 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



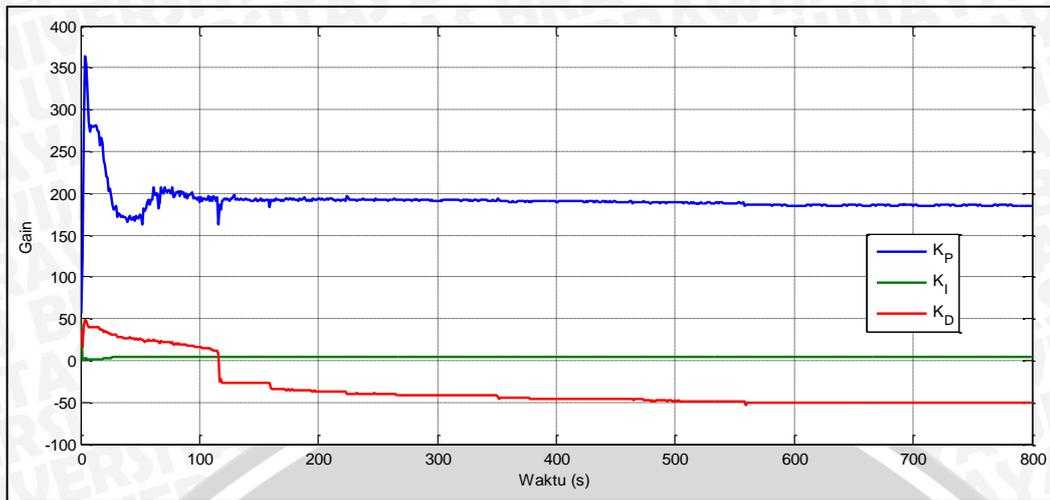
Gambar 4.9 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Setpoint 40°C



Gambar 4.10 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 40°C



Gambar 4.11 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 40°C



Gambar 4.12 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada *Setpoint* 40°C

Pada Gambar 4.10 memperlihatkan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning* PID *controllers* tidak mengalami adanya *overshoot* dengan *settling time* (t_s) sebesar 104 detik. Rata-rata nilai *error steady state* sebesar 0,56%. Pada Gambar 4.11 menunjukkan perubahan nilai estimasi, dimana nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,6132 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,3606 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0072. Pada Gambar 4.12 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya nilai gain parameter K_P ketika sistem sudah *steady state* tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar dan untuk nilai K_D cenderung menurun sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 185,2188 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 3,7549 dan untuk nilai K_D sebesar -50,0239.

4.1.2 Pengujian Sistem dengan Diberikan Gangguan Pada Beberapa Nilai *Setpoint*

A. Tujuan

Untuk mengetahui *output plant* suhu 73412 dengan menggunakan *self-tuning* PID *controllers* dan melihat perubahan parameter gain kontroler PID serta perubahan nilai estimasi yang didapatkan ketika *plant* suhu 73412 diberikan gangguan berupa perubahan kecepatan kipas dari skala 2 menjadi skala 6. Modul *self-tuning* PID *controllers* berisi *microcontroller* STM32F4 *Discovery* dan *Driver* L298.

B. Peralatan yang Digunakan

1. *Personal Computer* (PC)
2. *Power supply* 12V

3. *Power supply* 15V
4. Modul *self-tuning* PID controllers
5. *Plant* Suhu 73412

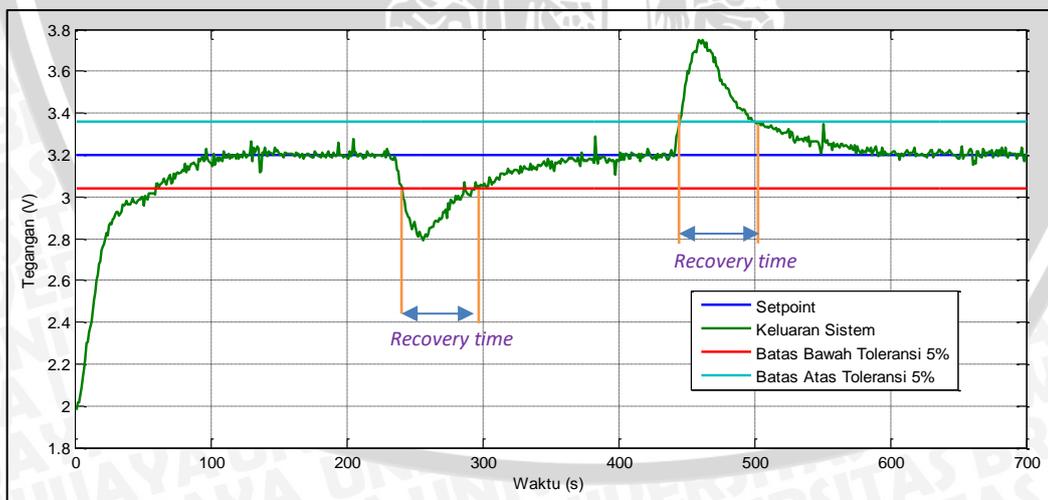
C. Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan *power supply* 15V dengan modul *self-tuning* PID controllers dan *plant* suhu 73412.
2. Menghubungkan *power supply* 12V dengan modul *self-tuning* PID controllers.
3. Mengatur kecepatan kipas pada *plant* suhu 73412 sebesar skala 2.
4. Mengatur *setpoint* sebesar 32°C, 36°C, dan 40°C.
5. Pada saat *steady state* kecepatan kipas diubah menjadi skala 6.
6. Pada saat *steady state* lagi kecepatan kipas diubah menjadi skala 2.
7. Lihat hasil *output plant* suhu 73412 dengan melalui *personal computer*

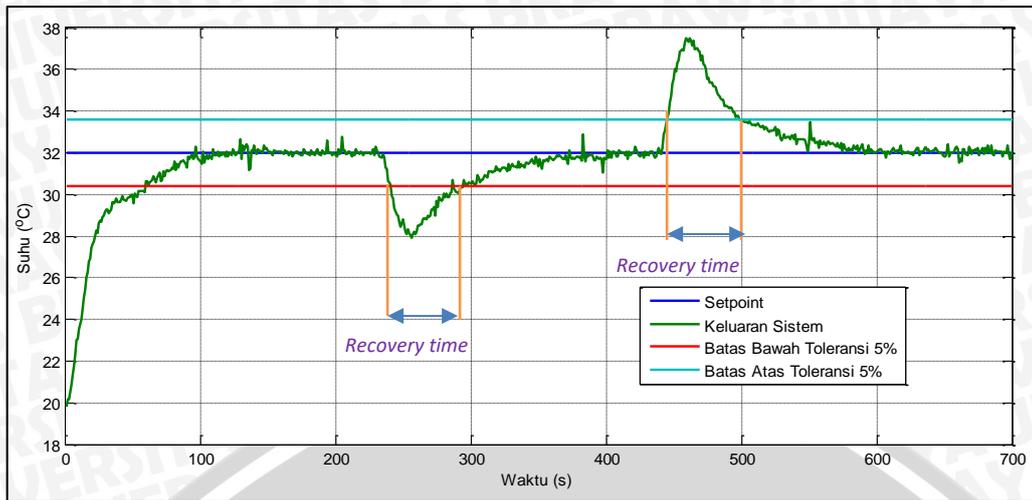
D. Hasil Pengujian dan Pembahasan

1. Hasil *output plant* suhu 73412 Pada *setpoint* 32°C dengan Gangguan

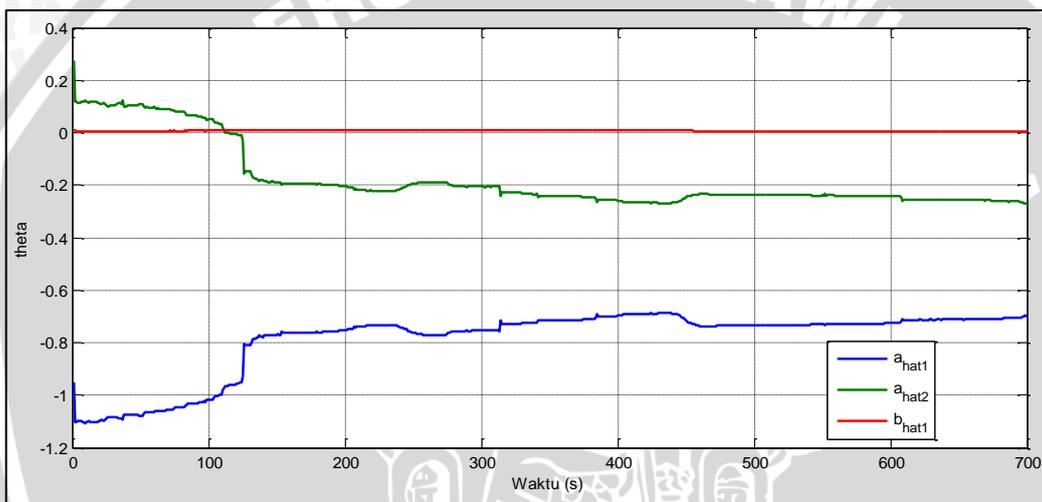
Data hasil pengujian *output plant* suhu 73412 pada *setpoint* 32°C dengan gangguan dapat dilihat pada lampiran di Tabel 4.3. Dari Tabel 4.3 didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.13 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.14 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.15 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.16 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



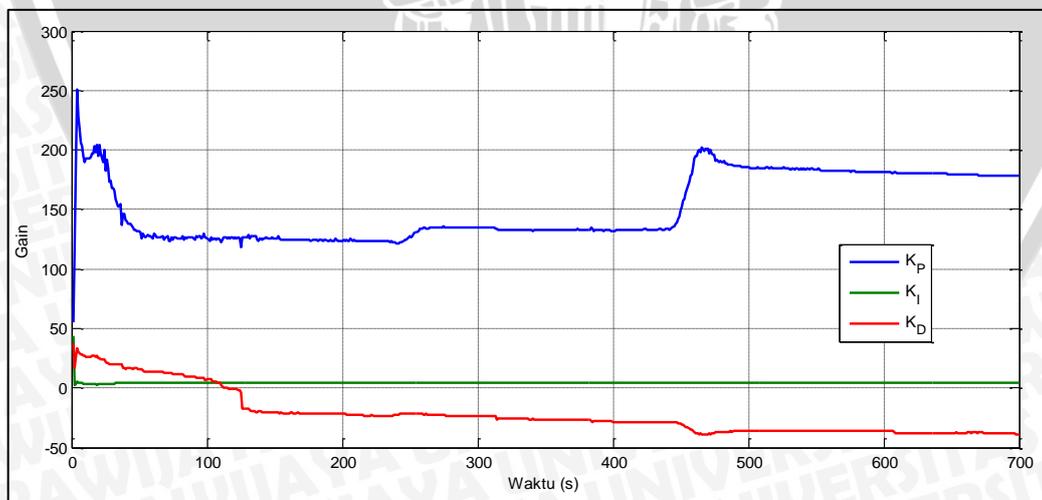
Gambar 4.13 *Ouput Plant* Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada *Setpoint* 32°C dengan Gangguan



Gambar 4.14 Output Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 32°C dengan Gangguan



Gambar 4.15 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 32°C dengan Gangguan



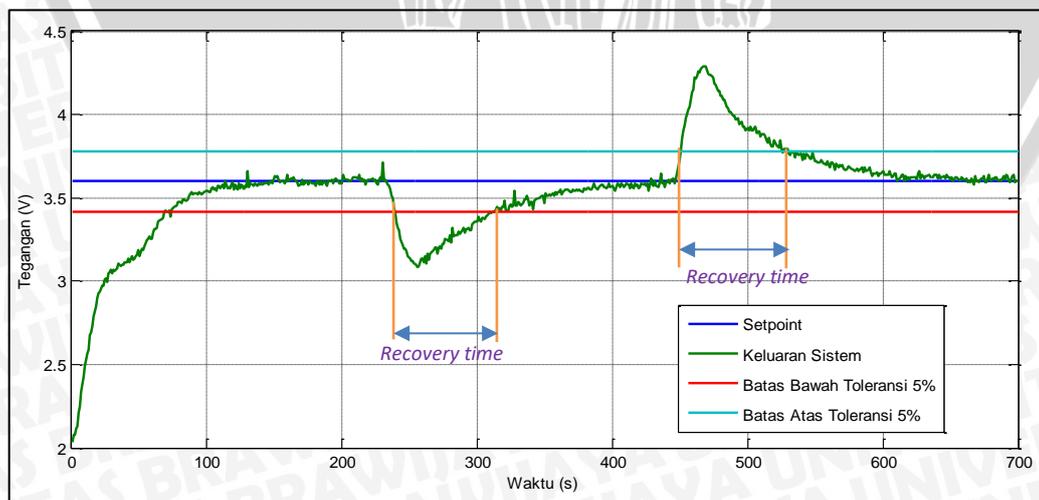
Gambar 4.16 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada Setpoint 32°C dengan Gangguan

Pada Gambar 4.14 memperlihatkan saat diberikan gangguan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning PID controllers* mengalami penurunan suhu sebesar 4,08°C atau

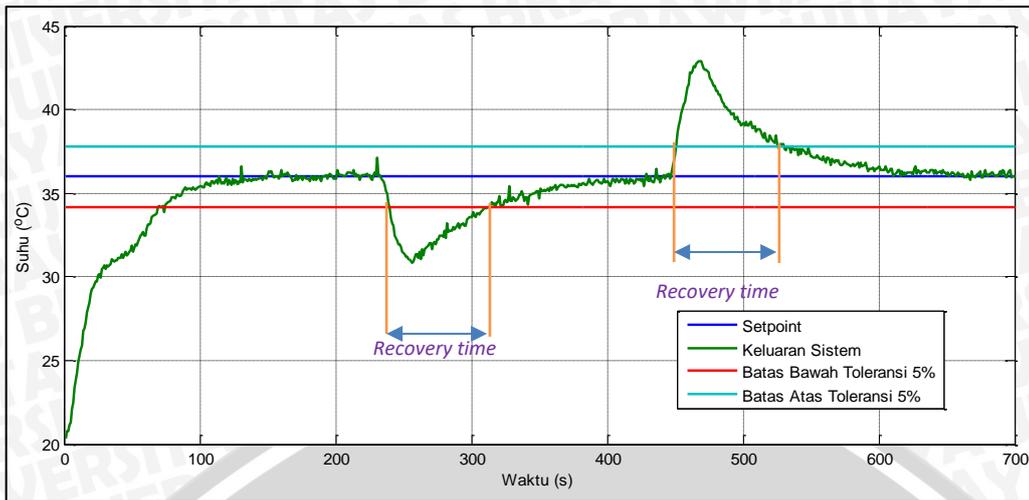
12,75% dari nilai *setpoint*. Waktu *recovery time* ketika gangguan diberikan sebesar 54 detik dan waktu *recovery time* ketika gangguan dihilangkan sebesar 55 detik. Pada Gambar 4.15 menunjukkan perubahan nilai estimasi, ketika diberikan gangguan, nilai estimasi \hat{a}_1 terjadi penurunan sedangkan nilai \hat{a}_2 terjadi kenaikan. Sedangkan untuk nilai estimasi \hat{b}_1 tidak terjadi perubahan yang begitu drastis. Perubahan nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,7077 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,2603 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0069. Pada Gambar 4.16 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya ketika diberikan gangguan nilai gain parameter K_P mengalami kenaikan dan ketika sistem sudah *steady state* tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar. Untuk nilai K_D cenderung menurun dan ketika diberikan gangguan nilainya mengalami penurunan yang cukup besar sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 178,4022 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 4,6419 dan untuk nilai K_D sebesar -37,8056.

2. Hasil *output plant* suhu 73412 Pada *setpoint* 36°C dengan Gangguan

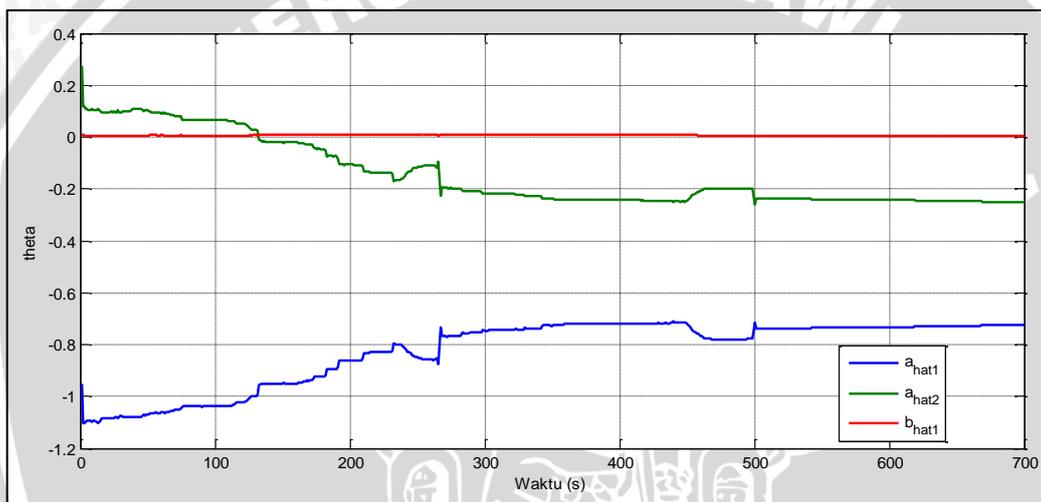
Hasil pengujian *output plant* suhu 73412 pada *setpoint* 36°C dengan gangguan didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.17 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.18 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.19 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.20 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



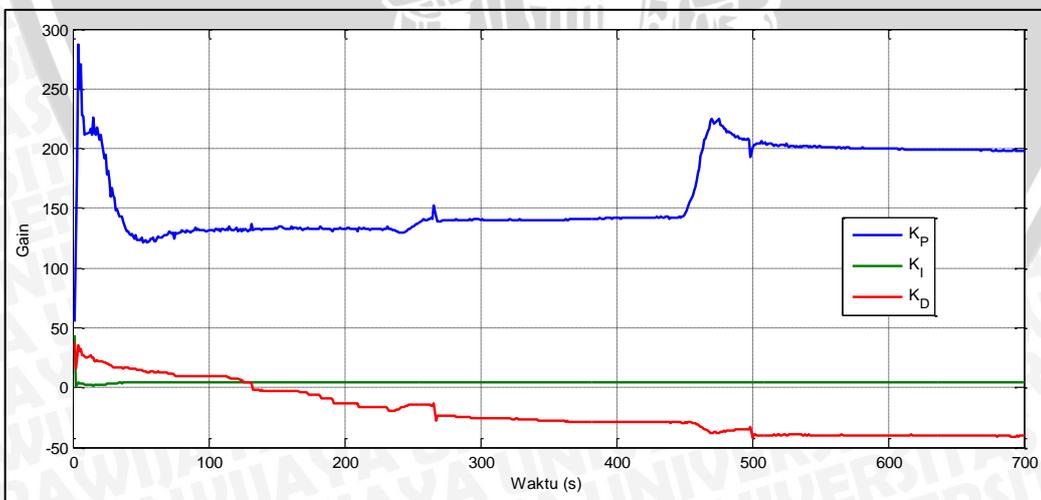
Gambar 4.17 *Output Plant* Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada *Setpoint* 36°C dengan Gangguan



Gambar 4.18 Output Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 36°C dengan Gangguan



Gambar 4.19 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 36°C dengan Gangguan



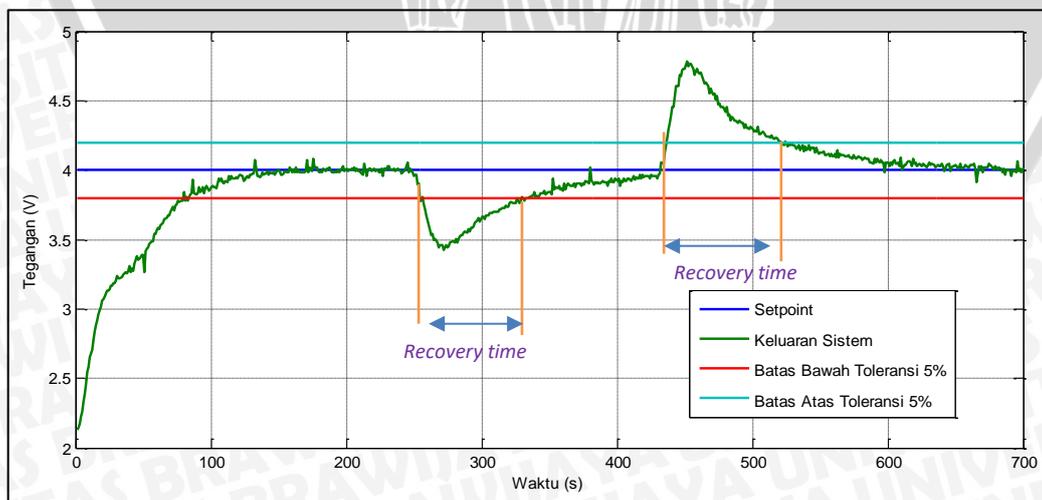
Gambar 4.20 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada Setpoint 36°C dengan Gangguan

Pada Gambar 4.18 memperlihatkan saat diberikan gangguan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning PID controllers* mengalami penurunan suhu sebesar 5,2°C atau

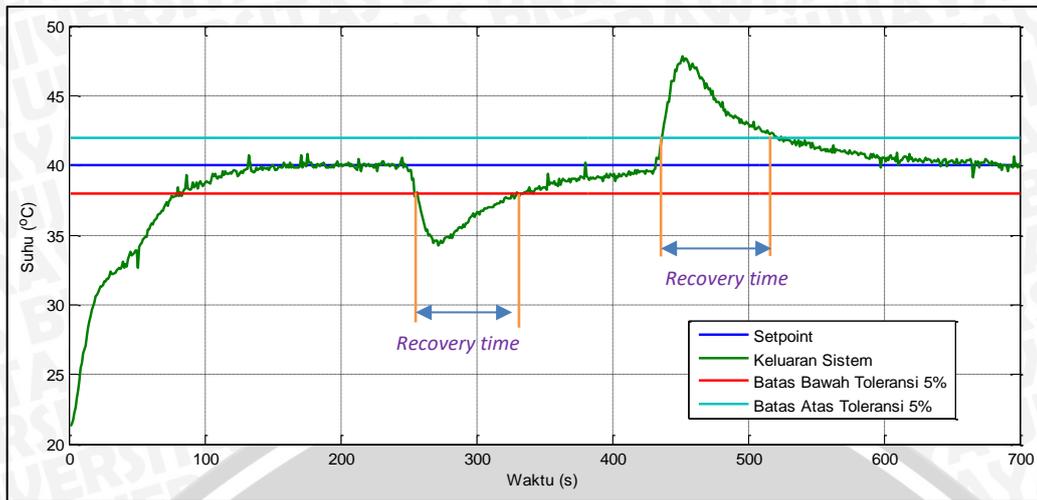
14,44% dari nilai *setpoint*. Waktu *recovery time* ketika gangguan diberikan sebesar 69 detik dan waktu *recovery time* ketika gangguan dihilangkan sebesar 73 detik. Pada Gambar 4.19 menunjukkan perubahan nilai estimasi, ketika diberikan gangguan, nilai estimasi \hat{a}_1 terjadi penurunan sedangkan nilai \hat{a}_2 terjadi kenaikan. Sedangkan untuk nilai estimasi \hat{b}_1 tidak terjadi perubahan yang begitu drastis. Perubahan nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,7234 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,2511 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0062. Pada Gambar 4.20 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya ketika diberikan gangguan nilai gain parameter K_P mengalami kenaikan dan ketika sistem sudah *steady state* tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar. Untuk nilai K_D cenderung menurun dan ketika diberikan gangguan nilainya mengalami penurunan yang cukup besar sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 198,0904 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 4,1146 dan untuk nilai K_D sebesar -40,5863.

3. Hasil *output plant* suhu 73412 Pada *setpoint* 40°C dengan Gangguan

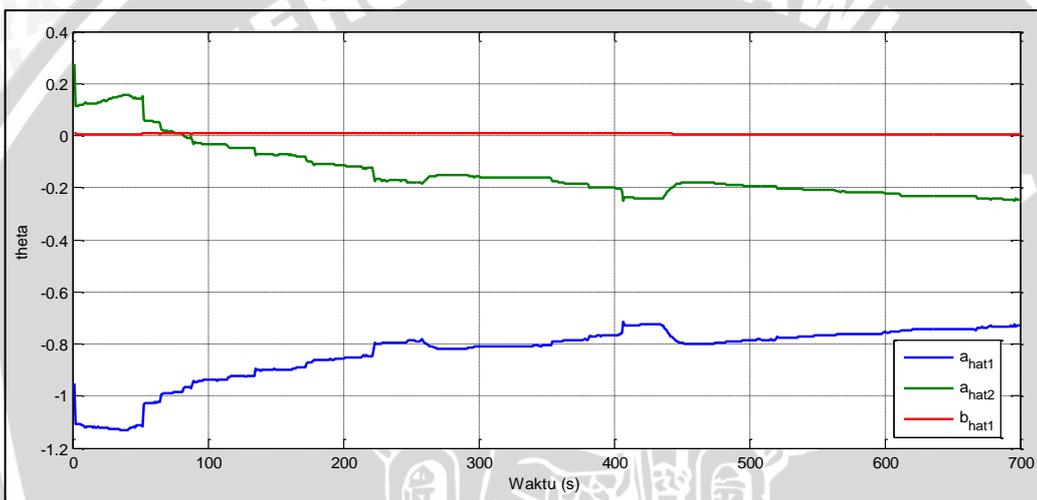
Hasil pengujian *output plant* suhu 73412 pada *setpoint* 40°C dengan gangguan didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.21 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.22 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.23 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.24 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



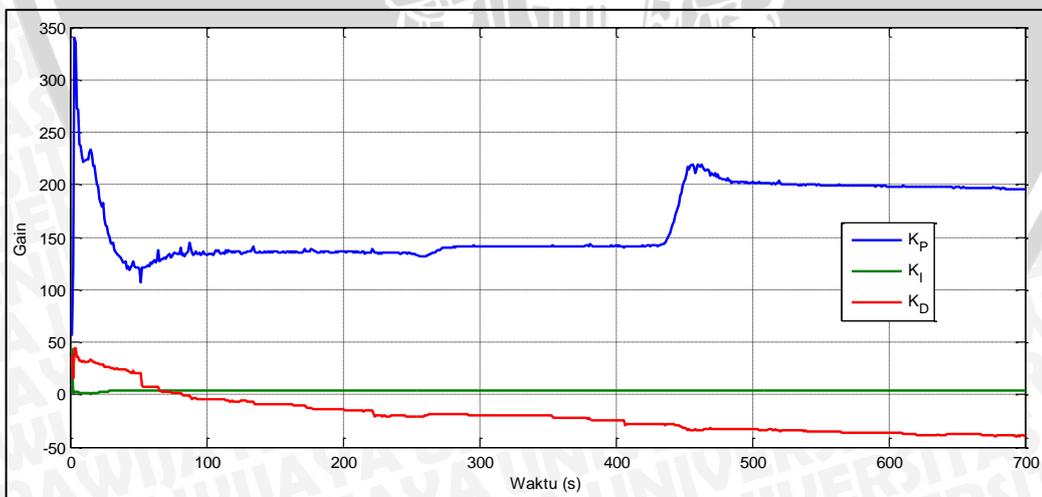
Gambar 4.21 *Ouput Plant* Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada *Setpoint* 40°C dengan Gangguan



Gambar 4.22 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pada Setpoint 40°C dengan Gangguan



Gambar 4.23 Perubahan Nilai Estimasi Pada Setpoint 40°C dengan Gangguan



Gambar 4.24 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID Pada Setpoint 40°C dengan Gangguan

Pada Gambar 4.22 memperlihatkan saat diberikan gangguan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning* PID controllers mengalami penurunan suhu sebesar 5,77°C atau

14,425% dari nilai *setpoint*. Waktu *recovery time* ketika gangguan diberikan sebesar 76 detik dan waktu *recovery time* ketika gangguan dihilangkan sebesar 82 detik. Pada Gambar 4.23 menunjukkan perubahan nilai estimasi, ketika diberikan gangguan, nilai estimasi \hat{a}_1 terjadi penurunan sedangkan nilai \hat{a}_2 terjadi kenaikan. Sedangkan untuk nilai estimasi \hat{b}_1 tidak terjadi perubahan yang begitu drastis. Perubahan nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,7298 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,2470 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal sebesar 0.0073 menjadi 0.0063. Pada Gambar 4.24 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya ketika diberikan gangguan nilai gain parameter K_P mengalami kenaikan dan ketika sistem sudah *steady state* tidak mengalami perubahan nilai yang begitu besar. Untuk nilai K_D cenderung menurun dan ketika diberikan gangguan nilainya mengalami penurunan yang cukup besar sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 195,0792 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 3,6948 dan untuk nilai K_D sebesar -39,3763.

4.1.3 Pengujian Sistem dengan Perubahan Nilai *Setpoint*

A. Tujuan

Untuk mengetahui *output plant* suhu 73412 dengan menggunakan *self-tuning* PID *controllers* dan melihat perubahan parameter gain kontroler PID serta perubahan nilai estimasi yang didapatkan ketika *plant* suhu 73412 diberikan gangguan berupa perubahan dengan beberapa nilai *setpoint*. Modul *self-tuning* PID *controllers* berisi *microcontroller* STM32F4 *Discovery* dan *Driver* L298.

B. Peralatan yang Digunakan

1. *Personal Computer* (PC)
2. *Power supply* 12V
3. *Power supply* 15V
4. Modul *self-tuning* PID *controllers*
5. *Plant* Suhu 73412

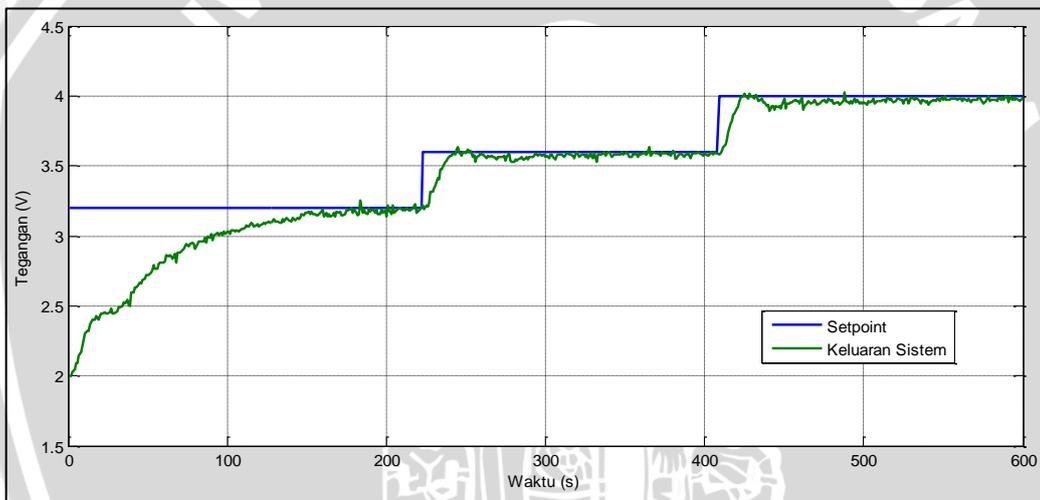
C. Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan *power supply* 15V dengan modul *self-tuning* PID *controllers* dan *plant* suhu 73412.
2. Menghubungkan *power supply* 12V dengan modul *self-tuning* PID *controllers*.

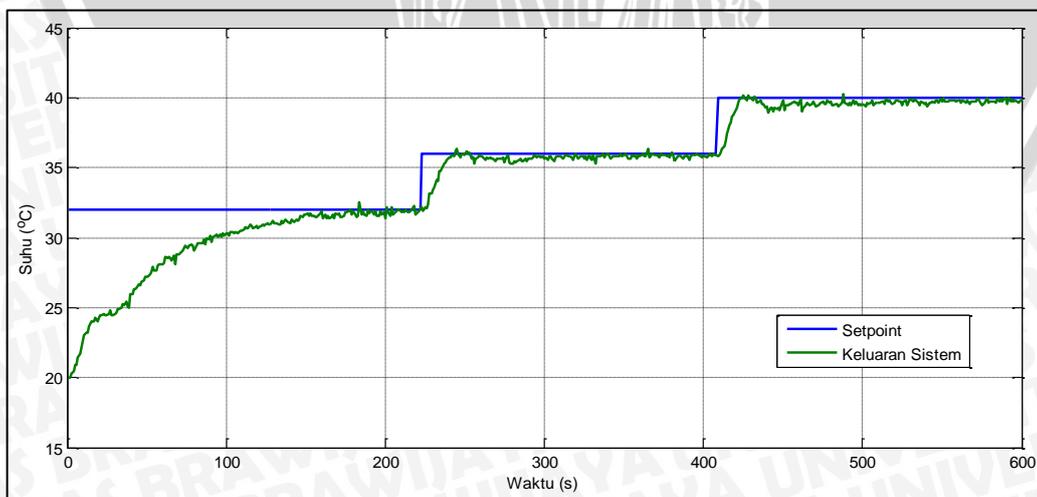
3. Mengatur kecepatan kipas pada *plant* suhu 73412 sebesar skala 2.
4. Mengatur *setpoint* sebesar 32°C.
5. Pada saat *steady state*, *setpoint* dinaikan menjadi 36°C.
6. Pada saat *steady state*, *setpoint* dinaikan menjadi 40°C.
7. Lihat hasil *output plant* suhu 73412 dengan melalui *personal computer*

D. Hasil Pengujian dan Pembahasan

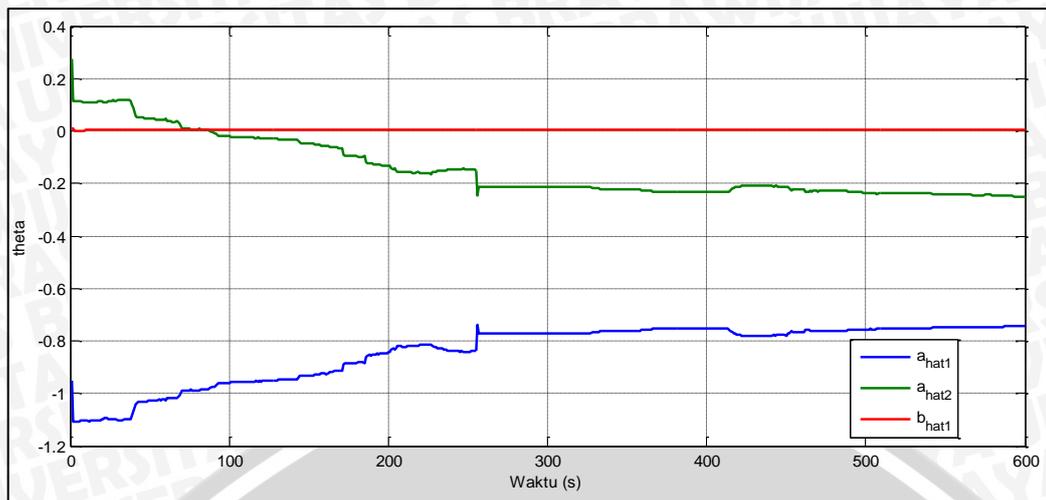
Data hasil pengujian *output plant* suhu 73412 dengan gangguan kenaikan perubahan nilai *setpoint* dapat dilihat pada lampiran di Tabel 4.4. Dari Tabel 4.4 didapatkan beberapa grafik seperti pada Gambar 4.25 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan tegangan terhadap waktu. Gambar 4.26 untuk *output plant* suhu 73412 dalam hubungan suhu terhadap waktu. Gambar 4.27 untuk perubahan perubahan nilai estimasi yang didapatkan. Gambar 4.28 untuk perubahan parameter gain kontroler PID.



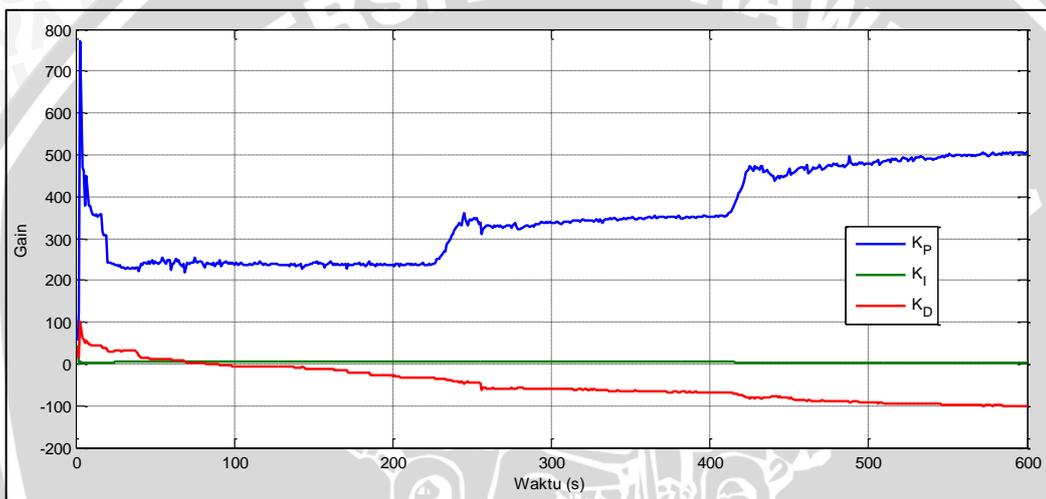
Gambar 4.25 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Tegangan Terhadap Waktu dengan Perubahan Nilai Setpoint



Gambar 4.26 Ouput Plant Suhu 73412 dalam Hubungan Suhu Terhadap Waktu dengan Perubahan Nilai Setpoint



Gambar 4.27 Perubahan Nilai Estimasi dengan Perubahan Nilai Setpoint



Gambar 4.28 Perubahan Nilai Parameter Gain Kontroler PID dengan Perubahan Nilai Setpoint

Pada Gambar 4.26 memperlihatkan saat diberikan gangguan *output plant* suhu 73412 dengan *self-tuning PID controllers* tidak mengalami *overshoot*. Pada saat *setpoint* 32°C memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 103 detik dan nilai *error steady state* sebesar 0.81%. Ketika perubahan nilai *setpoint* dari 32°C menjadi 36°C respon memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 11 detik dan nilai *error steady state* sebesar 0,73%. Ketika perubahan nilai *setpoint* dari 36°C menjadi 40°C respon memiliki nilai *settling time* (t_s) sebesar 7 detik dan *error steady state* sebesar 0,97%. Pada Gambar 4.27 menunjukkan perubahan nilai estimasi, ketika diberikan gangguan berupa perubahan nilai *setpoint*, nilai estimasi \hat{a}_1 terjadi penurunan sedangkan nilai \hat{a}_2 terjadi kenaikan. Sedangkan untuk nilai estimasi \hat{b}_1 tidak terjadi perubahan yang begitu drastis. Perubahan nilai \hat{a}_1 berubah dari nilai awal sebesar -0,9492 menjadi -0,7412 sedangkan untuk nilai \hat{a}_2 berubah dari nilai awal sebesar 0,2722 menjadi -0,2493 dan untuk nilai \hat{b}_1 berubah dari nilai awal

sebesar 0.0073 menjadi 0.0024. Pada Gambar 4.28 perubahan parameter gain kontroler PID, untuk gain parameter K_P dan K_D mengalami perubahan yang drastis diawal, setelahnya ketika diberikan gangguan nilai gain parameter K_P mengalami kenaikan dan ketika sistem sudah *steady state* nilai K_P cenderung mengalami kenaikan. Untuk nilai K_D cenderung menurun dan ketika diberikan gangguan nilainya mengalami penurunan yang cukup besar sedangkan untuk nilai gain parameter K_I terjadi penurunan yang drastis diawal setelah itu nilainya tidak mengalami perubahan yang besar. Nilai akhir K_P sebesar 507,6360 sedangkan untuk nilai K_I sebesar 3,8706 dan untuk nilai K_D sebesar -102,0875.

Dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan yang telah dilakukan, maka dapat kita buat dalam bentuk Tabel seperti pada Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 untuk memudahkan kita melihat hasil dari performansi sistem yang telah didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tanpa Gangguan

<i>Setpoint</i> (°C)	<i>Settling Time</i> (detik)	<i>Rata-rata Error Steady State</i> (%)
32	81	0,60
36	85	0,46
40	104	0,48

Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan Gangguan Berupa Perubahan Skala Kecepatan Kipas

<i>Setpoint</i> (°C)	<i>Recovery Time</i> Gangguan Diberikan (detik)	<i>Recovery Time</i> Gangguan Dihilangkan (detik)
32	54	55
36	69	73
40	76	82

Tabel 4.3 Hasil Pengujian dengan Gangguan Berupa Perubahan Nilai *Setpoint*

<i>Setpoint</i> (°C)	<i>Settling Time</i> (detik)	<i>Rata-rata Error Steady State</i> (%)
Dari 32 ke 36	11	0,73
Dari 36 ke 40	7	0,97