

# RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI SUHU DAN KELEMBAPAN PADA GUDANG PENYIMPANAN KOMPONEN PESAWAT TERBANG

Ahmad Ridho<sup>1</sup>, Akhmad Musafa<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur  
Jakarta, Indonesia

[1johnahmadridho@gmail.com](mailto:johnahmadridho@gmail.com), [2akhmad.musafa@budiluhur.ac.id](mailto:akhmad.musafa@budiluhur.ac.id)

## ABSTRAK

*Dalam tugas akhir ini telah dirancang sistem pengendali suhu dan kelembapan ruangan penyimpanan komponen pesawat terbang menggunakan pengendali PID dan pengendali ON/OFF. Sistem ini dirancang agar suhu gudang penyimpanan komponen pesawat terbang khususnya komponen avionic (aviation electronic) yang memiliki persyaratan penyimpanan pada suhu 16-26 °C dan kelembapan pada 40-65% terjaga pada suhu acuan, sehingga kualitas dan keadaan komponen yang tersimpan pada gudang akan tetap terjaga masa hidup dan kemampuannya. Sistem kendali yang dirancang terdiri dari 1 buah power supply 12VDC 10A, 1 buah DC-DC Converter, 1 buah papan mikrokontroler Arduino Uno, 4 buah sensor DHT22, 1 buah Relay 2 Channel, 1 buah motor servo 180°, dan 1 buah dehumidifier. Suhu acuan diatur pada 24°C dan kelembapan acuan pada 60%. Sistem pengendali terdiri dari pengendali PID untuk mengendalikan suhu dan pengendali ON/OFF untuk pengendalian kelembapan. Ketika ruangan gudang teraliri aliran AC (air conditioner) central, sensor akan membaca suhu dan kelembapan pada ruangan tersebut. Hasil pembacaan sensor tersebut akan dikirimkan ke arduino untuk dibandingkan dengan set point yang telah ditentukan. Nilai kesalahan suhu akan diproses oleh PID dengan sinyal kendali keluaran berupa sinyal PWM (50Hz) untuk mengendalikan putaran motor servo yang digunakan untuk membuka atau menutup aliran AC central. Sedangkan sinyal kesalahan kelembapan akan diproses oleh ON/OFF kontroler dengan sinyal keluaran berupa keadaan ON atau keadaan OFF untuk relay yang digunakan sebagai saklar untuk dehumidifier. Hasil pengujian dengan menggunakan nilai parameter PID  $K_p=75$ ,  $K_i=40$ , dan  $K_d=45$  yang didapatkan dengan metode heuristic menghasilkan respon sitem yang baik. Suhu dapat dikendalikan antara 24°C - 26°C dan kelembapan dapat diturunkan ketika berada diatas 60%.*

*Kata kunci: avionic, mikrokontroler, PID, motor servo, dehumidifier.*

## ABSTRACT

*In this final project, a temperature and humidity control system for aircraft component storage has been designed using a PID controller and ON/OFF controller. This system is designed so that the warehouse component storage temperature of aircraft components, especially the avionic component (aviation electronic) which has a storage requirement at a temperature of 16-26 °C and humidity at 40-65% maintained at the reference temperature, so that the quality and state of components stored in the warehouse will stay awake his life span and abilities. The control system that was designed consisted of 1 unit 12VDC 10A power supply, 1 unit DC-DC Converter, 1 unit Arduino Uno microcontroller board, 4 DHT22 sensors, 1 unit 2 Channel Relay, 1 unit 180 ° servo motor, and 1 unit dehumidifier. The reference temperature is set at 24 °C and the reference humidity at 60%. The control system consists of a PID controller to control temperature and an ON / OFF controller to control humidity. When the warehouse room is fed with a central AC (air conditioner) flow, the sensor will read the temperature and humidity of the room. The sensor readings will be sent to Arduino to be compared with a predetermined set point. The temperature error value will be processed by the PID with an output control signal in the form of a PWM signal (50Hz) to control the rotation of the servo motor used to open or close the central AC flow. While the humidity error signal will be processed by the ON / OFF controller with*

an output signal in the form of an ON or OFF state for the relay that is used as a switch for the dehumidifier. The test results with the PID parameter values  $K_p=75$ ,  $K_i=40$ , and  $K_d=45$  obtained by the heuristic method produces a good system response. The temperature can be controlled between  $24\text{ }^\circ\text{C}$  -  $26\text{ }^\circ\text{C}$  and humidity can be lowered when it is above 60%.

**Keywords:** avionic, microcontroller, PID, motor servo, dehumidifier.

## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Perawatan pesawat terbang sangat memerlukan cara dan penanganan yang tepat untuk tetap bisa membuat pesawat selalu dalam keadaan *safe* (aman) dan *airworthy* (laik terbang). Salah satunya yaitu penanganan terhadap komponen-komponen yang berada di dalam pesawat maupun yang berada di ruangan penyimpanan atau gudang. Komponen-komponen yang disimpan di dalam gudang merupakan komponen yang *serviceable* maupun *unserviceable*. Yang perlu diperhatikan penyimpanannya adalah jenis komponen yang *serviceable* khususnya *avionic* (*aviation electronic*) *component*, karena komponen tersebut sudah dinyatakan *serviceable* untuk siap dipasang di pesawat.

Sesuai standar di GMF Aero Asia *avionic component* memiliki persyaratan suhu dan kelembapan pada kategori C untuk suhu dan kategori C untuk kelembapan. Kategori C pada suhu bernilai  $16\text{-}26\text{ }^\circ\text{C}$  dan kategori C pada kelembapan bernilai 40-65%. Kedua kriteria ini perlu di kontrol untuk menjaga agar komponen tersebut tetap *serviceable* saat diperlukan untuk dipasang dipesawat. (Engineering, 2017)

Pada artikel yang berjudul Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembapan Pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Kontroler Proporsional. Dalam penelitian ini suhu dan kelembapan dikontrol untuk mendapatkan hasil fermentasi tempe yang baik dan sesuai dengan rencana. Karena pada umumnya para pembuat tempe menggunakan cara tradisional tanpa memperhitungkan suhu dan kelembapan tempat penyimpanan tempe itu dibuat. Hasilnya alat tersebut bisa mengontrol suhu dan kelembapan dengan hasil tempe bisa menjadi lebih cepat dibandingkan sebelum menggunakan alat pengontrol tersebut. (Rizaldi dan Purwanto, 2018)

Pada artikel lainnya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Pengendali Suhu dan Kelembapan Udara Pada Rumah Wadit Berbasis Mikrokontroler AT89C51. Dalam artikel ini merancang sebuah sistem kendali untuk mengontrol suhu dan kelembapan ruang penyimpanan sarang burung wadit. Sebelum dibuat

alat kendali tersebut dibutuhkan penjaga untuk memonitor suhu dan kelembapan pada ruangan tersebut. Setelah alat tersebut berhasil di terapkan sudah tidak perlu lagi membutuhkan seorang penjaga untuk memonitornya dan hasil sarang waditnya pun semakin berkualitas dari pada sebelumnya. (Winarso dan Sofwan, 2005)

Pada artikel lainnya yang berjudul Sistem Kendali Suhu dan Pemantauan Kelembapan Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor DHT22 dan Passive Infrared (PIR). Dalam artikel ini memiliki tujuan untuk mempertahankan suhu ruangan dalam kondisi banyak orang atau pun tidak tetap bisa mempertahankan pada suhu idealnya yang di tetapkan sebagai *set point*. Pada saat percobaan alat, sistem kendalinya berhasil menjaga keadaan suhu ruangan pada saat suhu di atas  $28\text{ }^\circ\text{C}$  sensor mendeteksi dan relay pada kipas angin menyala sehingga suhu kembali normal sesuai *set point*. (Islam dkk., 2016)

Pada artikel lainnya yang berjudul *Design and Implementation of a Temperature and Humidity Control System For a Poultry House Prototype*. Dalam artikel ini memiliki tujuan untuk mengontrol suhu dan kelembapan pada kandang unggas yang bertujuan untuk memperoleh hasil ternak berupa telur dan daging dalam jumlah banyak dan berkualitas. Karena salah satu faktor yang bisa menghambat produktifitas telur dan daging ialah faktor suhu dan kelembapan. Pada pembuatan alatnya menggunakan mikrokontroler ATMEGA328p dan tampilan hasil pengukurannya ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*). Hasil dari penggunaan alat ini ialah alat ini berhasil mengontrol suhu dan kelembapan yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan pada kandang tersebut, dan hasil telur dan daging serta kesehatan unggasnya juga semakin berkualitas. (Olatayo M. Olaniyan, Mutiu. A. Adegbeye, 2018)

Selama ini di gudang penyimpanan komponen hanya menggunakan *humidifier* sebagai alat yang membantu mengontrol kelembapan saja pada ruangan ruangan tersebut. Sehingga tidak ada *controlling system* untuk ruangan penyimpanan tersebut, padahal suhu dan kelembabannya harus dijaga. Sedangkan *humidifier* yang saat ini digunakan masih ada kekurangannya yaitu jika

pada saat air hasil pengoperasian itu penuh maka *humidifier* akan mati, jadi masih harus diperiksa setiap saat untuk memastikan *humidifier* tersebut bekerja.

Maka dari itu dibuatlah sistem alat kendali untuk mengontrol suhu dan kelembapan *avionic component* yang berada di dalam gudang bisa di jaga kualitasnya karena suhu dan kelembapannya di kontrol sesuai dengan *set point*. Kontroler yang digunakan berupa Mikrokontroler Arduino UNO dan sensor yang digunakan berupa DHT 22. Ketika *set point* sudah di tentukan pada suhu 16-26 °C dan kelembapan pada 40-65% *output* diharapkan bisa menghasilkan nilai yang tidak sesuai dengan *set point* maka akan menjadi nilai *error* yang dideteksi oleh sensor DHT 22 yang akan di umpan balikkan ke kontroler untuk bisa memerintahkan AC central lebih membuka atau menutup tergantung nilai *error* yang di dapatkan. Karena semakin panas suhunya maka akan semakin lembab udararanya, tapi jika semakin dingin suhunya maka akan semakin berkurang kelembapannya.

## II. LANDASAN TEORI

### 1. Gudang Komponen Pesawat Terbang

Penanganan material yang benar, khususnya komponen pada pesawat terbang dibutuhkan *storage system* yang tepat. Sangat diperlukan kehati-hatian selama menyimpan maupun mengeluarkan komponen dan tempat penyimpanannya harus dimonitor oleh penjaga untuk memastikan bahwa komponen tersebut terhidar dari kerusakan yang bisa diakibatkan dari gesekan komponen, jatuh dari tempat penyimpanan asal, bahkan kerusakan dari suhu ruangan yang tidak sesuai dengan kriteria komponen tersebut.

Maka dari itu kondisi ruangan penyimpanannya harus bersih, bersirkulasi udara yang baik dan mengontrol suhu ruangan untuk meminimalisir terjadinya efek kondensasi pada komponen tersebut. Maka semua instansi maupun pabrik yang memiliki ruangan penyimpanan untuk komponen pesawat harus menentukan spesifik *temperature* dan *relative humidity* untuk komponen yang akan disimpan di ruangan tersebut. Dalam tugas akhir ini komponen yang disimpan pad gudang penyimpanan komponen yaitu komponen *avionic (aviation electronic)*.

Komponen *avionic* memiliki kategori penyimpanan yang bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori Penyimpanan Komponen Berdasarkan Suhu dan Kelembapan

Material atau	Kategori Suhu	Kategori Kelembapan
---------------	---------------	---------------------

Komponen		
Komponen yang mengandung karet	C	D
Gas dan peralatan darurat	C	A
Bahan kimia	Persyaratan di TDS/MSDS	A
Komponen Avionic	C	C

Kategori persyaratan suhu pada gudang penyimpanan komponen *avionic* dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan kategori persyaratan kelembapan pada gudang penyimpanan komponen *avionic* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 Kategori Persyaran Suhu

Kategori	Jarak Suhu (°C)
A	1-48
B	1-37
C	16-26
D	1-10
E	-15 atau kurang
F	-40 atau kurang
G	-62 atau kurang
H	5 atau kurang
I	5-26

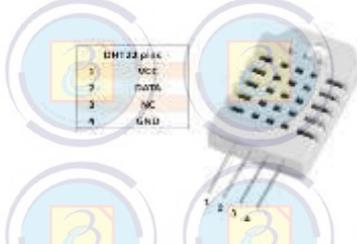
Tabel 3 Kategori Persyaratan Kelembapan

Kategori	Jarak Kelembapan
A	Tidak Spesifik
B	≤40
C	40-65
D	65-80
E	≥80

### 2. Sensor DHT 22

DHT-22 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembapan udara relative dengan *multi module* sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan adalah DHT-22 dengan sumber tegangan 5 Volt dan komunikasi *bidirectional 2 wire*. Sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan pengalamatan oleh mikrokontroler. Kaki serial data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pada pengalamatan pada pin Data DHT-22 "0000101"

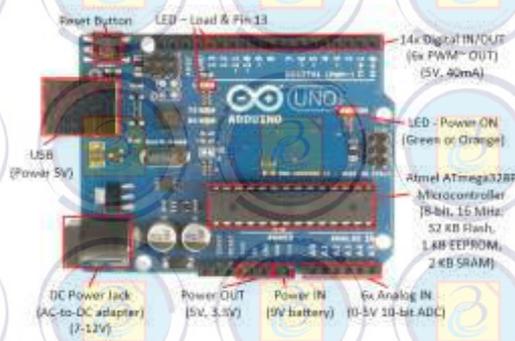
untuk mengukur kelembapan relatif dan “0000011” untuk mengukur suhu. DHT-22 memberikan keluaran data kelembapan dan temperature pada mikrokontroler agar sensor bekerja. Sensor DHT-22 memiliki ADC (*Analog to Digital Converter*) sehingga keluaran data pada sensor tersebut sudah dalam bentuk *digital*. Sensor DHT 22 yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sensor DHT 22

### 3. Arduino Uno

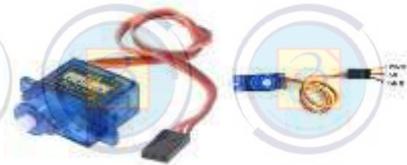
Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan software Arduino memiliki bahasa pemrograman C. Memori yang dimiliki oleh Arduino Uno sebagai berikut : Flash Memori sebesar 32KB, SRAM sebesar 2KB, dan EEPROM sebesar 1KB. Clock pada board Uno menggunakan XTAL dengan frekuensi 16 Mhz. Dari segi daya, Arduino Uno membutuhkan tegangan aktif kisaran 5 volt, sehingga Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB. Arduino Uno memiliki 28 kaki yang sering digunakan. Untuk Digital I/O terdiri dari 14 kaki, kaki 0 sampai kaki 13, dengan 6 kaki mampu memberikan output PWM (kaki 3, 5, 6, 9, 10, dan 11). Masing-masing dari 14 kaki digital di Uno beroperasi dengan tegangan maksimum 5 volt dan dapat memberikan atau menerima maksimum 40mA. Untuk Analog Input terdiri dari 6 kaki, yaitu kaki A0 sampai kaki A5. Kaki Vin merupakan tempat input tegangan saat menggunakan sumber daya eksternal selain USB dan adaptor. Arduino yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Arduino UNO

### 4. Motor Servo SG90

Motor servo adalah salah satu jenis motor DC yang menggunakan sistem umpan balik (*feed back*) dimana posisi rotornya akan diinformasikan ke rangkaian control yang ada pada servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo. Motor ini bisa memutar sekitar 180° (90° di setiap arahnya) dimana putaran poros outputnya terbatas hanya 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau 180°. Motor servo yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Motor Sevo SG90

### 5. Dehumidifier

*Dehumidifier* adalah alat yang digunakan untuk mengurangi tingkat kelembapan pada suatu ruangan. Prinsip kerja *dehumidifier* ialah mengubah udara lembab yang dideteksi oleh peltier pada ruangan tersebut menjadi menjadi lebih kering dengan cara menghembuskan aliran udara kering dari *fan*. Udara yang lembab akan di alirkan melalui *heatsink* yang mengakibatkan terjadinya embun atau terjadinya proses evaporasi, sehingga kadar udara menjadi lebih kering setelah melewati *heatsink* tersebut. Dan aliran udara yang kering tersebut dihembuskan oleh *fan* untuk mengurangi kadar kelembapan pada ruangan tersebut. *Dehumidifier* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Dehumidifier

## 6. Karakteristik Pengendali PID

Karakteristik pengendali PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter atau konstanta pengendali ( $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ ). Penyetelan  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing pengendali. Secara umum langkah yang harus ditempuh dalam perancangan suatu desain kontrol PID adalah menentukan nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Penggabungan antara kontrol *Proportional*, *Integral* dan *Diferential* pada sistem kendali PID memiliki tujuan tertentu. Kontrol *Proportional* yang unggul dalam *rise time* yang cepat, kontrol *integral* yang dapat menghilangkan *error* dan kontrol *diferential* yang dapat meredam *overshoot*. Apabila digabungkan akan mendapatkan hasil pengontrol dengan sifat menghilangkan *error*, mengurangi *rise time*, menambah *setting time*, dan memperkecil *overshoot*. Namun, pada kenyataannya kontrol yang dihasilkan tidak akan sempurna seperti teori. Oleh sebab itu, pada implementasi penggabungan kontrol *Proportional*, *Integral* dan *Diferential* di sesuaikan dengan kebutuhan. Karakteristik parameter pengendali PID dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Karakteristik Parameter Pengendali PID

Pengaturan	Rise Time	Overshoot	Setting Time	Steady State Error
$K_p$	Memasarkan	Meningkatkan	Perubahan kecil	Mengurangi
$K_i$	Memasarkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminasi
$K_d$	Perubahan Kecil	Memasarkan	Memasarkan	Perubahan Kecil

## 7. Metode Heuristic

Metode heuristik adalah metode pemecahan masalah menggunakan cara coba-coba dengan aturan atau metode untuk bisa menyelesaikan masalah. Rancangan metode Heuristik ini diperoleh dengan cara perubahan parameter yang disesuaikan dengan kinerja *plant* yang akan dikendalikan. Untuk perancangan sistem pengendalian PID dilakukan pencarian nilai besaran  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Maka pengujian dilakukan dalam beberapa tahap, Berikut ini dijelaskan langkah-langkah metode *tunning* dengan cara "trial and error" atau metode *Heuristic* sebagai berikut :

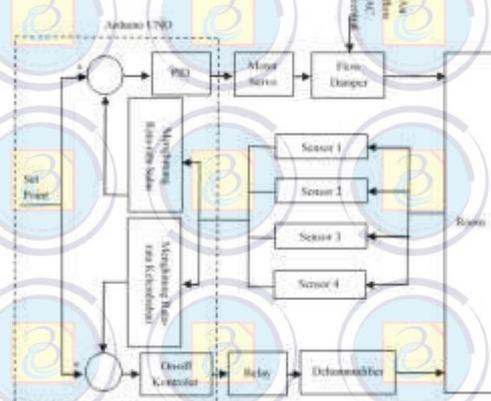
1. Pengamatan parameter pengendali dimulai dengan menggunakan pengendali P.
2. Kemudian baru ditambahkan I.
3. Terakhir ditambahkan dengan pengendali D.

4. Pemberian parameter disesuaikan dengan karakteristik respon sistem yang diperoleh.

## III. PERANCANGAN SISTEM

### 1. Blok Diagram Rangkaian

Rancangan sistem pada ruangan penyimpanan komponen pesawat terbang yang berbasis PID dan On/Off kontroler dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Blok Rangkaian

Berdasarkan blok diagram rangkaian dapat dijelaskan fungsi masing-masing komponen pada Tabel 5.

Tabel 5 Fungsi Komponen Pada Blok Diagram Rangkaian

NO	KOMPONEN	FUNGSI
1	Mikrokontroler Arduino UNO	Sebuah komponen yang digunakan untuk mengolah data masukan dan feedback dari sensor untuk diteruskan ke resor zero dan dehumidifier
2	Sensor suhu DHT 22	Sebuah komponen yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan ruangan
3	Motor servo	Sebuah komponen yang digunakan untuk menggerakkan flow damper yang sebelumnya mendapat input dari mikrokontroler
4	Flow Damper	Untuk mengatur output AC Central mengikati gerakan motor servo
4	Dehumidifier	Sebuah komponen yang terdiri dari Fan, Heatik dan Peltier yang berfungsi untuk mengurangi kelembapan
6	LCD	Sebagai display untuk menampilkan besaran suhu dan kelembapan pada ruangan
7	Module relay 2 channel	Sebuah komponen yang digunakan sebagai saklar on/off dehumidifier

### 2. Prinsip Kerja Sistem

Sistem kendali ini dibuat untuk menjaga suhu dan kelembapan pada gudang penyimpanan komponen *avionic* bisa selalu sesuai dengan *set point*, karena suhu pada ruang penyimpanan dialiri udara yang berasal dari AC (*air conditioning central*). AC *central* akan selalu dalam kondisi ON, maka dari itu digunakanlah *air flow damper* untuk mengatur aliran udara dari AC *central*.

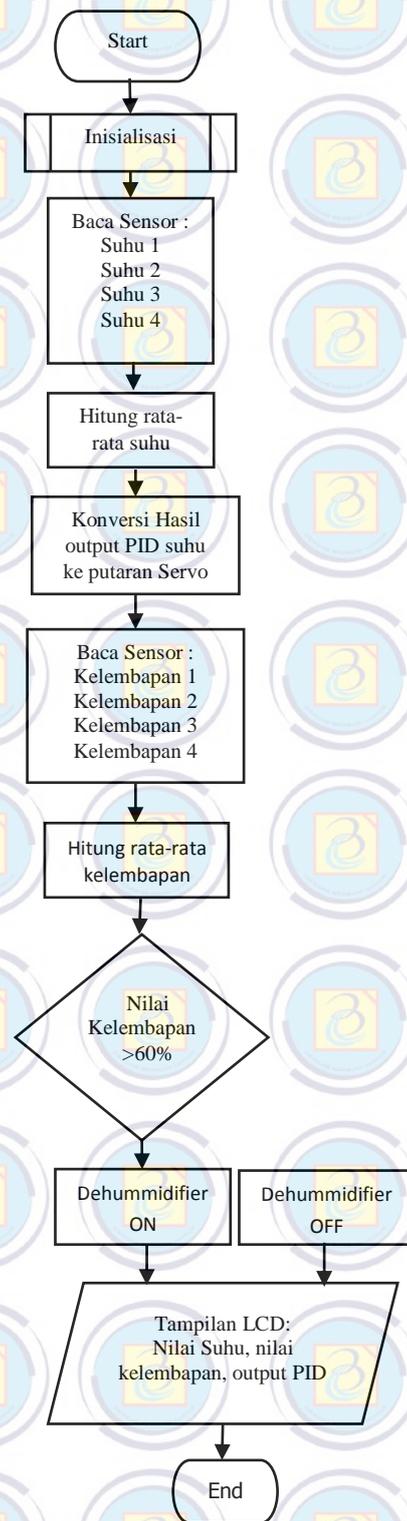
*Set point* yang akan digunakan pada alat ini yaitu pada suhu 24°C dan kelembapan pada 60%. Nilai suhu dan kelembapan tersebut akan dimasukkan pada kontroler sehingga tidak perlu di

input lagi secara *manual*. Saat udara yang berasal dari AC central masuk ke dalam ruangan akan di bandingkan dengan suhu dan kelembapannya yang sudah ditetapkan pada *set point*. Setelah itu sensor akan membaca perbedaan suhu kelembapan aktual dengan nilai suhu kelembapan pada *set point*. Nilai perbedaan itu yang disebut nilai *error*. Nilai *error* tersebut yang akan dikirim kembali ke kontroler untuk menggerakkan *air flow damper* menggunakan *motor servo*. Besar kecilnya bukaan *air flow damper* tergantung nilai *error* yang dihasilkan. Jika suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor berada di atas nilai acuan, berarti keadaan ruangan tersebut terlalu panas sehingga butuh *more cooling* dan *air flow damper* akan *modulate to open*. Tetapi jika nilai suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor berada di bawah nilai acuan, berarti keadaan ruangan tersebut terlalu dingin (kurang lembap) maka *air flow damper* akan membatasi aliran udara dari AC central agar suhu pada ruangan tersebut agar suhu ruangan bisa naik.

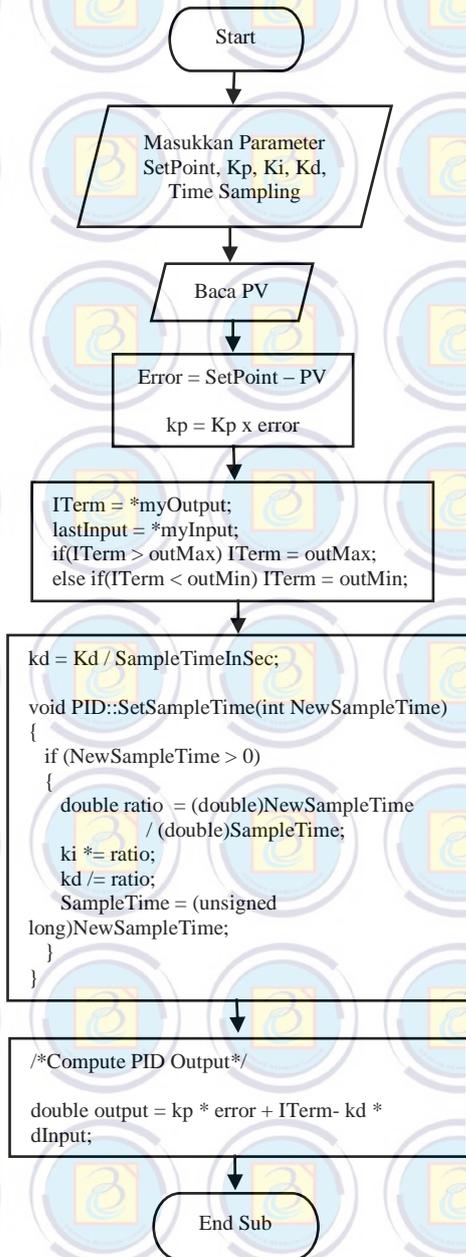
Peran *air flow damper* sangat penting ketika suhu di dalam ruangan berada di bawah atau di atas *set point*. Maka dari itu sangat dibutuhkan sistem kendali untuk bisa menjaga suhu dan kelembapan pada ruangan penyimpanan komponen terutama pada gedung yang menggunakan AC central.

### 3. Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

Dalam perancangan perangkat lunak, pengendalian suhu dan kelembapan pada ruang penyimpanan komponen *avionics* menggunakan software Arduino IDE untuk membuat program yang akan di upload pada papan mikrokontroler. Untuk memudahkan pembuatan program maka dibuatlah diagram alir program utama pada Gambar 6 dan diagram alir sub program pada Gambar 7.



Gambar 6 Diagram Alir Program Utama



Gambar 7 Diagram Alir Sub Program

#### IV. HASIL DAN ANALISA

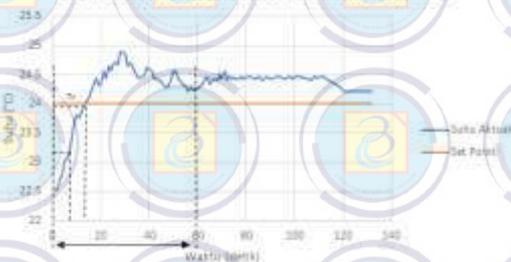
##### 1. Pengujian Tuning PID

Tuning PID pada sistem *flow damper* dilakukan setelah perancangan alat telah selesai, baik untuk perancangan perangkat *hardware* ataupun *software*. Tuning PID dilakukan untuk mendapatkan parameter nilai proporsional ( $K_p$ ), integral ( $K_i$ ) dan differensial ( $K_d$ ) sehingga dapat mengendalikan suhu ruangan secara stabil. Tuning PID dilakukan dengan metode *heuristic* yaitu dengan cara memasukkan nilai-nilai tertentu pada parameter nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Parameter nilai yang pertama dimasukkan adalah parameter nilai  $K_p$ . Setelah nilai hasil parameter  $K_p$  mendekati nilai pada suhu *setpoint*, selanjutnya menentukan nilai parameter  $K_i$  untuk mendapatkan *overshoot* melebihi nilai *setpoint* dan setelah itu menentukan parameter  $K_d$  untuk meredam nilai *overshoot* yang diperoleh dari  $K_i$ .

##### 1) Tuning Parameter $K_p$

Tahapan yang pertama dalam tuning parameter PID yaitu menentukan nilai  $K_p$ . Nilai  $K_p$  ditentukan mulai dari nilai yang kecil untuk melihat respon yang dihasilkan. Apabila respon sistem yang didapatkan terlihat bagus, maka nilai  $K_p$  ditingkatkan dan dilihat kembali respon yang dihasilkan. Parameter  $K_p$  terbaik yang didapat ialah  $K_p=75$ . Untuk mengetahui hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.

Grafik Respon Sensor Suhu Nilai Parameter  $K_p=75$



Gambar 8 Hasil Pengujian Tuning Parameter  $K_p=75$

Berdasarkan hasil grafik Gambar 8 karakteristik hasil dari pengujian parameter  $K_p=75$  adalah sebagai berikut.

1. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama disebut *Delay time* ( $T_d$ ) yaitu sebesar 7 detik.
2. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* ( $T_r$ )) yaitu sebesar 14 detik
3. Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan overshoot pada hasil tanggapan diatas sebesar:

$$\text{Overshoot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{24.89 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{0.89}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = 3.7\%$$

4. Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* ( $T_s$ ) yaitu sebesar 59 detik.
5. *Steady state*:

$$\text{Steady State}(\%) = \frac{\text{suhu akhir} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State}(\%) = \frac{24.21 - 24}{24} \times 100$$

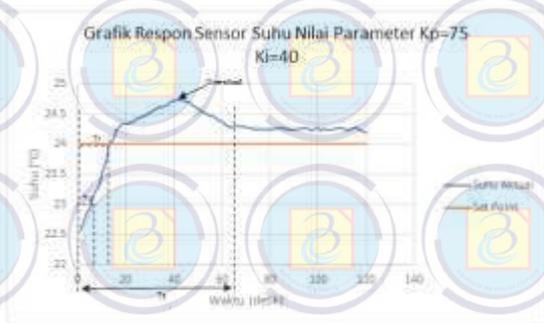
$$\text{Steady State}(\%) = \frac{0.21}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State}(\%) = 0.8\%$$

Berdasarkan karakteristik hasil dari pengujian tuning parameter Kp dapat diambil kesimpulan bahwa Parameter Kp yang dipilih yaitu (Kp=75) karena memiliki nilai steady state sebesar 0.8% dan sudah tidak mengalami osilasi.

### 2) Tuning Parameter Ki

Tahapan berikutnya adalah tuning parameter Ki. Tuning parameter Ki bertujuan untuk mendapatkan respon sistem yang memiliki nilai rise time yang tercepat. Parameter Ki terbaik yang didapat ialah Ki=40. Untuk mengetahui hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil Pengujian Tuning Parameter Kp=75 Ki=40

Berdasarkan hasil grafik Gambar 9 karakteristik hasil dari pengujian parameter Kp=75 Ki=40 adalah sebagai berikut:

1. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama disebut *Delay time* (Td) yaitu sebesar 7 detik.
2. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* (Tr)) yaitu sebesar 13 detik
3. Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan overshoot pada hasil tanggapan diatas sebesar:  

$$\text{Overshoot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{24.75 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{0.75}{24} \times 100$$

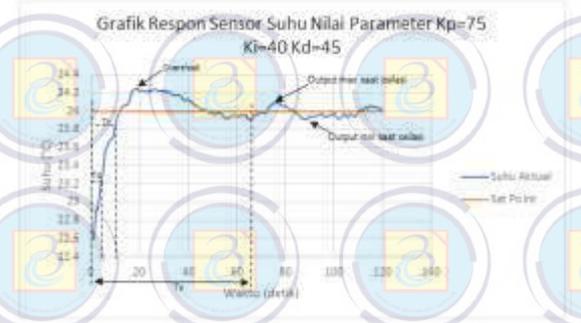
$$\text{Overshoot} = 3.1\%$$
4. Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* (Ts) yaitu sebesar 64 detik.

Berdasarkan karakteristik hasil dari pengujian tuning parameter Ki dapat diambil kesimpulan bahwa Parameter Ki yang dipilih yaitu (Ki=40)

karena memiliki nilai rise time yang cepat yaitu sebesar 13 detik.

### 3) Tuning Parameter Kd

Tahapan berikutnya adalah tuning parameter Kd. Tuning parameter Kd bertujuan untuk mendapatkan respon sistem yang memiliki nilai rise time yang tercepat, nilai overshoot yang terkecil dan memiliki nilai steady state error yang hampir mendekati nol. Parameter Kd terbaik yang didapat ialah Kd=45. Untuk mengetahui hasilnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil Pengujian Tuning Parameter Kp=75 Ki=40 dan Kd=45

Berdasarkan hasil grafik Gambar 10 karakteristik hasil dari pengujian parameter Kp=75 Ki=40 Kd=45 adalah sebagai berikut:

1. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama disebut *Delay time* (Td) yaitu sebesar 6 detik.
2. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* (Tr)) yaitu sebesar 12 detik
3. Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan overshoot pada hasil tanggapan diatas sebesar:  

$$\text{Overshoot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{24.26 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{0.26}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = 1\%$$
4. Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* (Ts) yaitu sebesar 65 detik.
5. Selisih nilai akhir dengan set point disebut *Steady State Error*. Nilai steady state error yang terjadi minimal sebesar 23.92 sampai dengan maksimal 24.1. Maka dari itu

persentase nilai steady state error yaitu sebesar:

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{\text{nilai output minsaat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{23.92 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{-0.08}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = -0.3\%$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{\text{Nilai output max saat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{24.1 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{0.1}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = 0.4\%$$

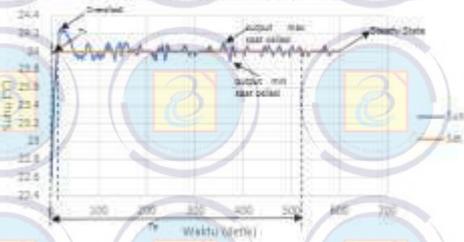
Berdasarkan karakteristik hasil dari pengujian tuning parameter Kd dapat diambil kesimpulan bahwa Parameter Kd yang dipilih yaitu (Kd=45) karena memiliki nilai rise time yang cepat yaitu sebesar 12 detik, overshoot yang kecil yaitu sebesar 1%, settling time yang cepat yaitu 65 detik dan memiliki nilai steady state error sebesar -0.3% sampai dengan 0.4%.

Maka dapat disimpulkan dari hasil tuning didapatkan parameter dengan nilai terbaik maka parameter PID yang akan digunakan pada sistem kendali suhu pada gudang komponen avionic yaitu nilai KP = 75, Ki = 40, dan KD = 45, dengan menghasilkan nilai PWM yang dihasilkan meningkat ataupun menurun dengan cepat sebanding dengan parameter KP yang diberikan, kemudian overshoot dibawah 5% dan mencapai settling time waktu yang dapat menjaga pada steady state.

## 2. Pengujian Keseluruhan Dengan Keadaan Normal

Pengujian keseluruhan dengan suhu awal ruangan sebesar 23°C. Pengujian dilakukan dengan set point suhu sebesar 24°C. Pengujian dilakukan selama 10 menit tanpa diberikan gangguan dengan hasil data yang didapat 600 data, dengan sampling waktu selama 1 detik. Bentuk hasil pengujian respon sistem ditunjukkan pada Gambar 11.

Grafik Pengujian Suhu Ruang Penyimpanan Komponen Dengan Keadaan Normal Tanpa Gangguan



Gambar 11 Grafik Pengujian Suhu Ruang Penyimpanan Komponen Dengan Keadaan Normal Tanpa Gangguan

Berdasarkan grafik Gambar 11, didapatkan karakteristik respon sebagai berikut:

1. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* (Tr)) yaitu sebesar 11 detik.
2. Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan overshoot pada hasil tanggapan diatas sebesar:
 
$$\text{Overshoot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{24.25 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{0.25}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = 1\%$$
3. Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* (Ts) yaitu sebesar 525 detik.
4. Selisih nilai akhir dengan set point disebut *Steady State Error*. Nilai steady state error yang terjadi minimal sebesar 23.95 sampai dengan maksimal 24.1. Maka dari itu persentase nilai steady state error yaitu sebesar:

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{\text{nilai output minsaat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{23.95 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{-0.05}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = -0.2\%$$

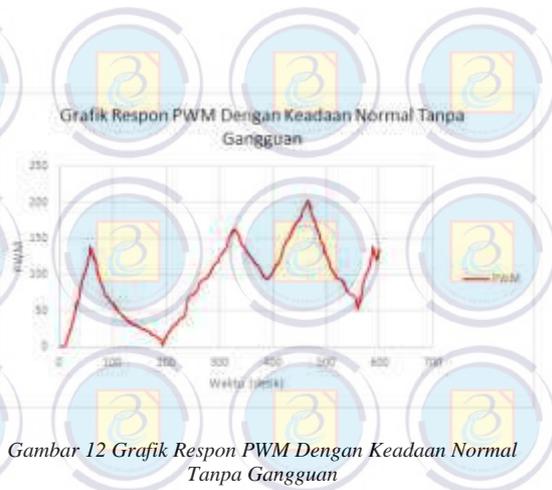
$$\text{Steady State Error Max} = \frac{\text{Nilai output max saat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{24.1 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{0.1}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = 0.4\%$$

Untuk mengetahui respon *output* PID terhadap perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Grafik Respon PWM Dengan Keadaan Normal Tanpa Gangguan

Berdasarkan Gambar 12 respon *output* PID yang ditunjukkan sudah cukup baik. Namun masih ada *delay* waktu ketika suhu turun *output* PID masih tetap naik. Tapi setelah beberapa detik *output* PID pun ikut turun. Begitu pula saat suhu sudah beranjak naik *output* PID masih *delay* waktu beberapa detik untuk menaikkan outputnya. Waktu *delay* untuk menurunkan *output* PID lebih lama dibandingkan dengan waktu *delay* untuk menaikkan *output* PID. Untuk mengetahui respon dehumidifier selama sistem bekerja dapat dilihat pada Gambar 13.



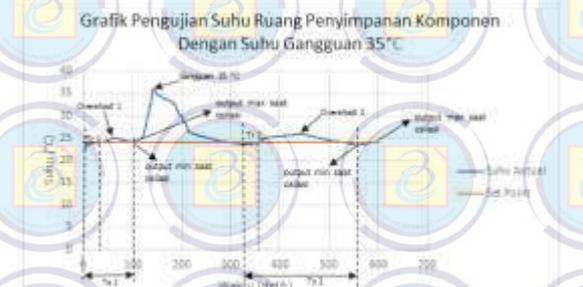
Gambar 13 Grafik Respon Dehumidifier Dengan Keadaan Normal Tanpa Gangguan

Berdasarkan Gambar 13 respon *dehumidifier* dapat merespon dengan baik. Ketika nilai kelembapan berada diatas *set point* lembab yaitu 60% maka *dehumidifier* aktif. Dan ketika nilai kelembapan berada dibawah *set point* lembab maka *dehumidifier* mati. Namun kinerja *dehumidifier* ini belum maksimal untuk menurunkan kelembapan secara cepat, mungkin dikarenakan spesifikasi fan dan peltier yang digunakan pada tugas akhir ini masih termasuk peltier dan fan yang spesifikasinya rendah.

### 3. Pengujian Keseluruhan Dengan Gangguan Suhu Sebesar 35°C

Pengujian keseluruhan dengan suhu awal ruangan sebesar 23°C lalu dinaikkan dengan memberikan pemanas ruangan pada detik ke 120 hingga suhu ruangan mencapai 35°C. Pengujian dilakukan

menggunakan *set point* suhu sebesar 24°C. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan hasil data yang didapat 600 data, dengan *sampling* waktu selama 1 detik. Bentuk hasil pengujian respon sistem ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Grafik Pengujian Suhu Ruang Penyimpanan Komponen Dengan Suhu Gangguan 35°C

Berdasarkan grafik Gambar 4.43 terdapat 2 karakteristik respon sistem, yaitu karakteristik respon sistem sebelum diberi gangguan suhu 35°C dan karakteristik respon sistem setelah diberi gangguan suhu 35°C. Berikut adalah masing-masing karakteristik yang didapat:

- Karakteristik respon sistem sebelum diberi gangguan suhu 35°C:
  1. Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* ( $T_r$  1)) yaitu sebesar 33 detik.
  2. Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan *overshoot* 1 pada hasil tanggapan diatas sebesar:
 
$$Overshoot = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$Overshoot = \frac{24.97 - 24}{24} \times 100$$

$$Overshoot = \frac{0.97}{24} \times 100$$

$$Overshoot = 4\%$$
  3. Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* ( $T_s$  1) yaitu sebesar 105 detik.
  4. Selisih nilai akhir dengan set point disebut *Steady State Error*. Nilai steady state error yang terjadi minimal sebesar 24.13 sampai dengan maksimal 25.19. Maka dari itu persentase nilai steady state error yaitu sebesar:

$$Steady State Error Min = \frac{\text{nilai output minsaat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$Steady State Error Min = \frac{24.13 - 24}{24} \times 100$$

$$Steady State Error Min = \frac{0.13}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = 0,5\%$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{\text{Nilai output max saat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{25,19 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{1,19}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = 4,9\%$$

- Karakteristik respon sistem setelah diberi gangguan suhu 35°C:

- Waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100% dari nilai akhir disebut (*Rise Time* ( $T_r$  2)) yaitu sebesar 23 detik.
- Perbandingan selisih nilai maksimum dengan nilai akhir sistem (dalam persen) disebut *Overshoot*. Dan overshoot 2 pada hasil tanggapan diatas sebesar:
 
$$\text{Overshoot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{25,97 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = \frac{1,97}{24} \times 100$$

$$\text{Overshoot} = 8\%$$
- Waktu yang diperlukan transien osilasi untuk berada pada  $\pm 2\%$  dari nilai keadaan tunaknya disebut *Settling time* ( $T_s$  2) yaitu sebesar 230 detik.
- Selisih nilai akhir dengan set point disebut *Steady State Error*. Nilai steady state error yang terjadi minimal sebesar 23.5 sampai dengan maksimal 24.2. Maka dari itu persentase nilai steady state error yaitu sebesar:

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{\text{nilai output min saat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{23,5 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = \frac{-0,5}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Min} = -0,2\%$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{\text{Nilai output max saat osilasi} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

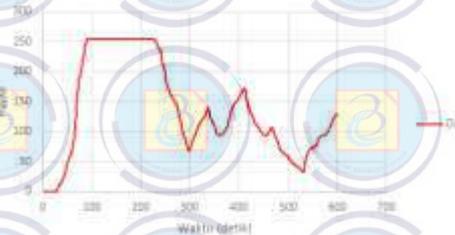
$$\text{Steady State Error Max} = \frac{24,2 - 24}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = \frac{0,2}{24} \times 100$$

$$\text{Steady State Error Max} = 0,8\%$$

Untuk mengetahui respon *output* PID terhadap perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 15.

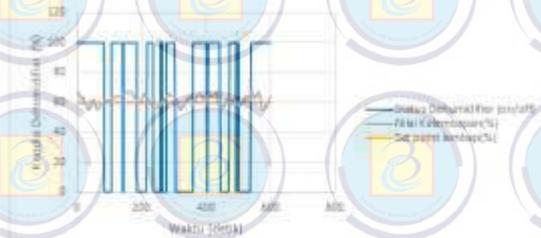
Grafik Respon PWM Dengan Keadaan Suhu Gangguan Sebesar 35°C Selama 10 Menit



Gambar 15 Grafik Respon PWM Dengan Keadaan Suhu Gangguan Sebesar 35°C Selama 10 Menit

Berdasarkan Gambar 15 respon *output* PID yang ditunjukkan dapat merespon dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat pada nilai suhu yang didapat karena nilai suhu yang terbaca di ruangan bergantung pada buka tutup motor servo yang dikendalikan oleh PID. Pada saat pengujian, setelah mendapat gangguan suhu sebesar 35°C, suhu dapat diturunkan hingga mendekati set point, lalu suhu dapat diredam diantara 26°C - 23°C. Untuk mengetahui respon *dehumidifier* selama sistem bekerja dapat dilihat pada Gambar 16.

Grafik Respon Dehumidifier Dengan Keadaan Suhu Gangguan Sebesar 35°C Selama 10 Menit



Gambar 16 Grafik Respon Dehumidifier Dengan Keadaan Suhu Gangguan Sebesar 35°C Selama 10 Menit

Berdasarkan Gambar 4.45 respon *dehumidifier* dapat merespon dengan baik. Ketika nilai kelembapan berada diatas *set point* lembab yaitu 60% maka *dehumidifier* aktif. Dan ketika nilai kelembapan berada dibawah *set point* lembab maka *dehumidifier* mati. Kinerja *dehumidifier* pada pengujian ini masih belum maksimal untuk menurunkan kelembapan secara cepat, sama seperti pada pengujian tanpa gangguan, mungkin dikarenakan spesifikasi *fan* dan *peltier* yang digunakan pada tugas akhir ini termasuk *peltier* dan *fan* yang spesifikasinya rendah.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan yaitu pada keadaan suhu ruangan normal sebesar 23°C yang dilakukan selama 10 menit menghasilkan *rise time* sebesar 11 detik, *overshoot* sebesar 1%, *settling time* sebesar 525 detik, *steady state error min* sebesar -0.2% dan *steady state error max* sebesar 0.4%. Pengujian pada keadaan suhu ruangan diberi gangguan suhu sebesar 35°C yang dilakukan selama 10 menit menghasilkan *rise time* sebesar 23 detik, *overshoot* sebesar 8%, *settling time* sebesar 230 detik, *steady state error min* sebesar -0.2% dan *steady state error max* sebesar 0.8%. Dengan adanya sistem kendali pada ruang penyimpanan komponen pesawat terbang, suhu dan kelembapan ruang penyimpanan dapat terjaga sesuai dengan ketentuan yang telah diatur pada *Engineering Instruction* tentang persyaratan ruangan penyimpanan komponen pesawat terbang yang diterapkan di PT GMF Aero Asia Tbk.

## REFERENSI

- [1] Engineering, G. M. F. (2017) *Storage Requirements For Aeronautical Supplies*.
- [2] Hartono, N. B., Sumantri, B. and Wijayanto, A. (no date) 'PENGATURAN POSISI MOTOR SERVO DC', 2, pp. 1-9.
- [3] Islam, H. I. *et al.* (2016) 'Sistem Kendali Suhu dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor DHT22 dan Passive Infrared (PIR)', V(Lcd), pp. 119-124.
- [4] Olatayo M. Olaniyan, Mutiu. A. Adegboye, O. F. I. and O. B. (2018) 'Design and Implementation of a Temperature and Humidity Control System for a Poultry House', 6(1), pp. 106-114.
- [5] Rizaldi, A. and Purwanto (2018) 'Rancang Bangun Pengontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Kontroler Proporsional', pp. 199-203.
- [6] Winarso, P. and Sofwan, A. (2005) 'Rancang Bangun Sistem Pengendali Suhu dan Kelembaban Udara Pada Rumah Walleet Berbasis Mikrokontroler AT89C51', 2005(Snati), pp. 101-104.
- [7] Hartono, N. B., Sumantri, B. and Wijayanto, A. (no date) 'PENGATURAN POSISI MOTOR SERVO DC', 2, pp. 1-9.
- [8] Wicaksono, H. (2004) 'Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC', 4(2), pp. 70-78.
- [9] Sawidin, S. (2018) 'System Design Temperature and Humidity Control Room with Android', (December). doi: 10.5120/ijca2018917813.
- [10] Redmond, S., Free, T. and Direct, I. (2017) 'Component Maintenance Manual with Illustrated Parts List Solid State Cockpit Voice Recorder System', (012).