

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis sistem dilakukan untuk menentukan kesesuaian fungsi alat yang dibuat dengan rancangan. Pengujian tersebut diterapkan pada setiap blok maupun secara menyeluruh pada alat. Pengujian tiap blok dilakukan untuk mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Beberapa pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Pengujian Sensor Suhu
2. Pengujian Rangkaian *Dimmer*
3. Pengujian Keseluruhan Sistem

#### 5.1. Pengujian Sensor Suhu

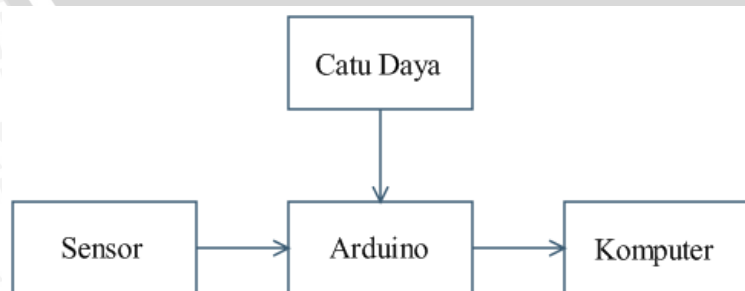
Pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca perubahan suhu.

##### 5.1.1. Peralatan yang digunakan

1. Sumber tegangan 5 VDC
2. Arduino Uno
3. Rangkaian Termokopel TC47-MB
4. Elemen pemanas
5. Komputer

##### 5.1.2. Tata Cara Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti blok diagram pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Bagan Pengujian Sensor

2. Mengunggah program pembacaan sensor suhu pada Arduino.

- Mengamati dan mencatat nilai pada tampilan serial monitor.

### 5.1.3. Hasil Pengujian

Hasil pengujian pembacaan suhu yang ditampilkan pada serial monitor ditunjukkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu**

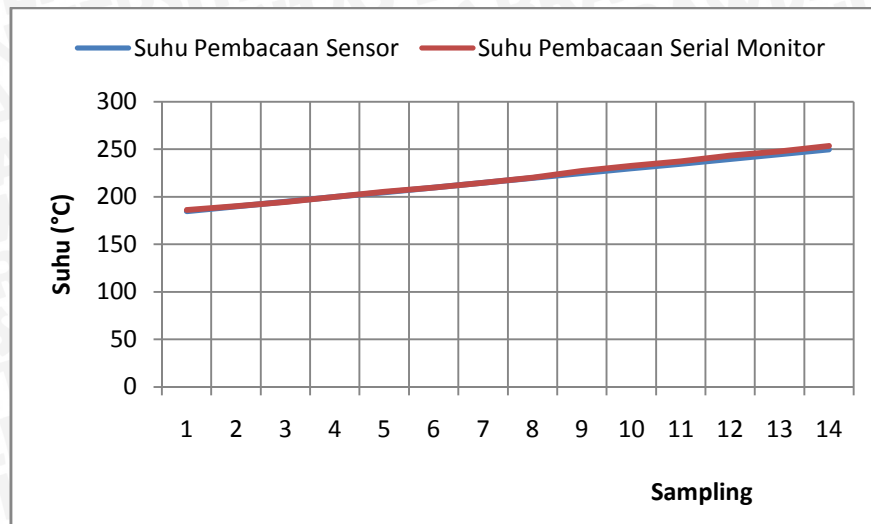
No.	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Serial Monitor (°C)
1.	185	186,33
2.	190	190,27
3.	195	194,85
4.	200	200,22
5.	205	205,42
6.	210	209,75
7.	215	214,92
8.	220	220,19
9.	225	227,23
10.	230	232,65
11.	235	237,31
12.	240	243,53
13.	245	247,84
14.	250	253,59

Perhitungan kesalahan pembacaan sensor:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{(\sum \text{Hasil Pengukuran} - \sum \text{Referensi})}{\sum \text{Referensi}} \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{(3052,6 - 3045)}{3045} \times 100\% = 0.24\%$$

Gambar 5.2. merupakan grafik pembacaan suhu oleh sensor dan pembacaan suhu pada serial monitor.



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pembacaan Suhu

## 5.2. Pengujian Rangkaian *Dimmer*

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah rangkaian *dimmer* yang digunakan sebagai driver elemen pemanas dapat bekerja dengan kemampuan terbaiknya.

### 5.2.1. Peralatan yang Digunakan

1. Sumber Tegangan AC
2. Arduino Uno
3. Rangkaian Driver
4. Multimeter
5. Komputer

### 5.2.2. Tata Cara Pengujian

1. Menghubungkan rangkaian *dimmer* dengan Arduino
2. Menghubungkan rangkaian *dimmer* dengan sumber AC
3. Menghubungkan Arduino dengan komputer
4. Memberikan beban pada rangkaian *dimmer*
5. Memberikan nilai PWM pada rangkaian *dimmer* melalui Arduino
6. Mengukur tegangan keluaran rangkaian tersebut

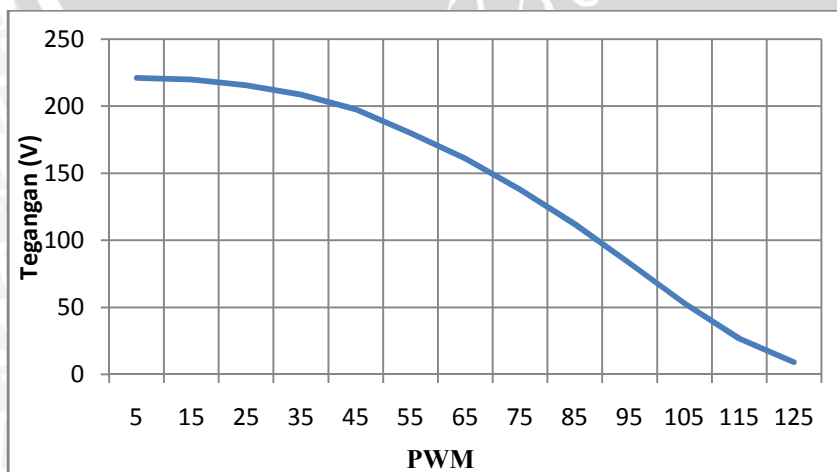


Hasil pengujian rangkaian dimmer berupa nilai tegangan yang berbeda-beda, sesuai dengan nilai PWM yang diberikan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Perbandingan Nilai PWM Terhadap Tegangan**

No.	PWM	Tegangan (V)
1	125	9,28
2	115	26,94
3	105	53,1
4	95	83
5	85	112,2
6	75	137,96
7	65	160,9
8	55	180
9	45	197,8
10	35	208,7
11	25	215,6
12	15	220
13	5	221,1

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rangkaian dimmer berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai driver elemen pemanas. Hal itu ditengarai oleh adanya perubahan tegangan akibat perubahan nilai PWM. Lihat Gambar 5.3.



**Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Nilai PWM Terhadap Tegangan**

### 5.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan harapan, yakni dapat mempertahankan suhu pelelehan Printer 3D.<sup>1</sup>

#### 5.3.1. Peralatan yang Digunakan

1. Plan pemanas (*heater*) Printer Tiga Dimensi
2. Rangkaian sensor Termokopel
3. Rangkaian dimmer
4. Mikrokontroler
5. Sumber tegangan AC
6. Komputer

#### 5.3.2. Tata Cara Pengujian

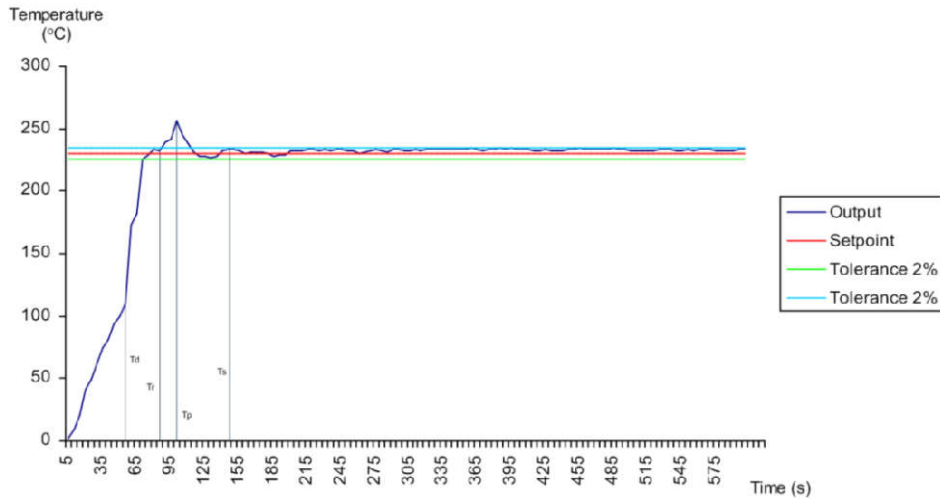
1. Merangkai peralatan
2. Menghubungkan sumber tegangan dengan Arduino UNO dan komponen-komponen lain yang membutuhkan daya agar dapat bekerja.
3. Mengunduh program dengan kontroler PID dengan parameter yang didapatkan melalui software Arduino.
4. Menjalankan program
5. Mengamati kinerja sistem, kemudian menganalisis hasil yang didapatkan
6. Untuk pengujian pertama, sistem dijalankan dengan tanpa diberi gangguan. Pengujian berikutnya, sistem diberi gangguan dengan cara mematikan elemen pemanas sehingga mengubah besarnya suhu pada rangkaian alat tersebut
7. Membuat grafik data pengujian.

---

<sup>1</sup> Sebagaimana disebutkan di awal, 230°C ini merupakan suhu yang disarankan (*recommended*) oleh Donny Sulayman—seorang mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta—yang membandingkan suhu pelelehan dengan akurasi ukuran hasil cetakan (pengukuran dimensi dan perhitungan volume). Lihat Donny Sulayman, naskah publikasi “Pengaruh Suhu dari *Heater Nozzle* Terhadap Produk Printer 3D” (Kartasura: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015).

### 5.4.2. Hasil Pengujian

Pengujian menggunakan kontroler PID dengan nilai  $K_p$  sebesar 35,56; nilai  $K_i$  sebesar 1,975; dan nilai  $K_d$  sebesar 160,02. Nilai yang ditetapkan (*set point*) berupa suhu sebesar  $230^{\circ}\text{C}$ . Hasil yang didapatkan tertera pada Gambar 5.5.



**Gambar 5.5 Grafik Respon Sistem Tanpa Gangguan**

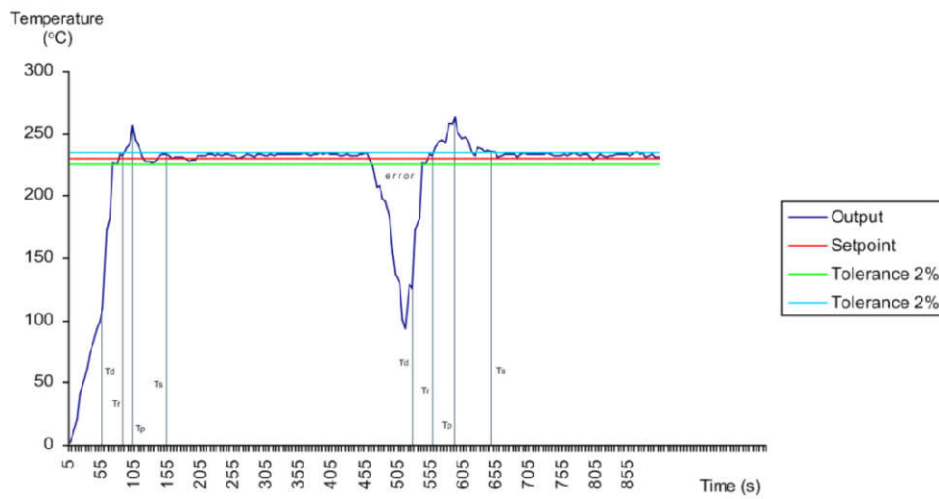
Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Data Pengujian Sistem Tanpa Gangguan**

Waktu Tunda ( $T_d$ )	41,8 detik
Waktu Naik ( $T_r$ )	83,6 detik
Waktu Puncak ( $T_p$ )	110,8 detik
Waktu Keadaan Tunak ( $T_s$ )	146,4 detik
<i>Error Steady State</i>	0,14%

Pengujian menggunakan kontroler PID dengan nilai  $K_p$  sebesar 35,56; nilai  $K_i$  sebesar 1,975; dan nilai  $K_d$  sebesar 160,02. Nilai yang ditetapkan (*set point*) berupa suhu sebesar  $230^{\circ}\text{C}$ . Pada saat sistem sudah mencapai keadaan mantap, gangguan diberikan dengan cara menghentikan kinerja sistem selama sekitar 5 (lima) menit. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5.6.





**Gambar 5.6** Grafik Respon Sistem Ketika Terjadi Gangguan

Perolehan data pengujian sistem ketika terjadi gangguan tertera dalam Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Data Pengujian Sistem Ketika Terjadi Gangguan

Waktu Tunda ( $T_d$ )	43,5 detik
Waktu Naik ( $T_r$ )	87,0 detik
Waktu Puncak ( $T_p$ )	114,1 detik
Waktu Keadaan Mantap ( $T_s$ )	152,7 detik
<i>Error Steady State</i>	0,18%