

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

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

1. Pengujian kontrol *air flow* terhadap putaran *propeller*
2. Pengujian respon *open loop plant wind tunnel*
3. Pengujian keseluruhan sistem

#### 5.1 Pengujian Sensor *Air Flow*

##### a. Tujuan

Menguji tingkat kelinieran *output* sensor *air flow* dalam membaca perubahan kecepatan aliran udara yang dihasilkan terhadap putaran *propeller*.

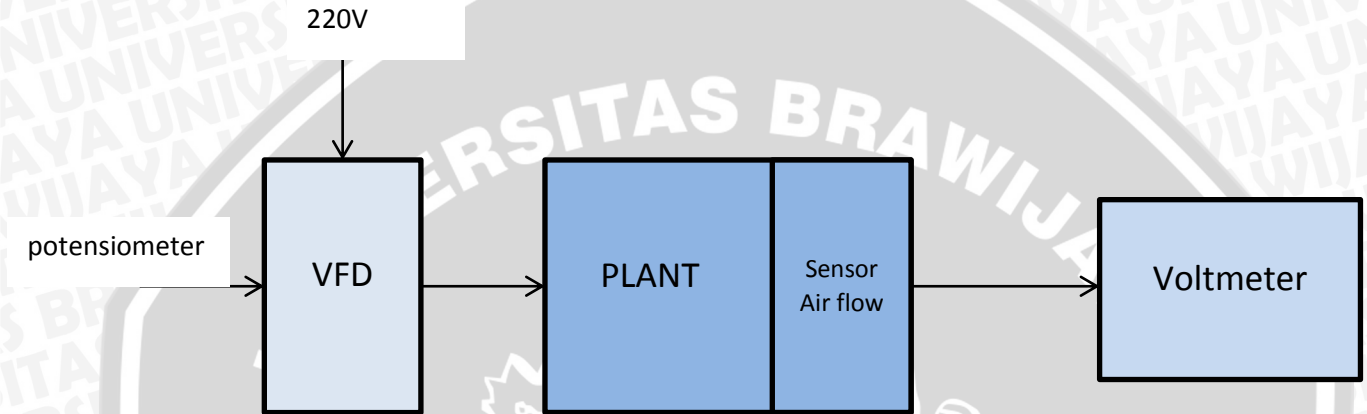
##### b. Peralatan yang digunakan

- Laptop
- Sensor *Air Flow*
- Arduino Mega
- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Modul *Variable Frequency Drive*
- Program dan software Arduino ERW 1.0.5
- Data *logger*

##### c. Langkah Pengujian

1. Menghubungkan *Plant* dengan sensor *air flow*, rangkaian *Variable Frequency Drive*, dan Arduino Mega.
2. Menghidupkan motor dan tentukan batas minimal mesin menyala.

3. Kecepatan putaran maksimal sesuai dengan batas yang telah ditentukan yaitu 11.040 RPM.
4. Sensor akan membaca sesuai dengan kecepatan aliran udara.
5. Mencatat hasil keluaran RPM dan tegangan keluaran sensor kemudian membuat hubungan antara keduanya.



**Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor**

**d. Hasil Pengujian**

Adapun hasil pengujian sensor *air flow* diperlihatkan dalam tabel 5.1.

**Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor**

| No. | Kecepatan putaran (rpm) | Kecepatan <i>air flow</i> (m/s) | Tegangan Keluaran (Volt) |
|-----|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1   | 0                       | 0                               | 0                        |
| 2   | 515                     | 0.60                            | 0.30                     |
| 3   | 979                     | 1.14                            | 0.57                     |
| 4   | 1443                    | 1.68                            | 0.84                     |
| 5   | 2063                    | 2.41                            | 1.20                     |

|    |       |       |      |
|----|-------|-------|------|
| 6  | 2601  | 3.03  | 1.52 |
| 7  | 3078  | 3.59  | 1.79 |
| 8  | 3476  | 4.05  | 2.03 |
| 9  | 4044  | 4.72  | 2.36 |
| 10 | 4581  | 5.34  | 2.67 |
| 11 | 4970  | 5.80  | 2.90 |
| 12 | 5495  | 6.41  | 3.20 |
| 13 | 6038  | 7.04  | 3.52 |
| 14 | 6742  | 7.86  | 3.93 |
| 15 | 7101  | 8.28  | 4.14 |
| 16 | 7562  | 8.82  | 4.41 |
| 17 | 7891  | 9.20  | 4.60 |
| 18 | 8614  | 10.04 | 5.02 |
| 19 | 9019  | 10.52 | 5.26 |
| 20 | 9398  | 10.96 | 5.48 |
| 21 | 9982  | 11.64 | 5.82 |
| 22 | 10549 | 12.30 | 6.15 |

Sedangkan grafik hubungan antara kecepatan putaran motor dengan tegangan keluaran diperlihatkan pada gambar 5.2. Dari hasil pengujian yang dilakukan, sensor dapat



bekerja dengan maksimal dan terlihat kelinieran yang baik sehingga ideal untuk digunakan sebagai pendeteksi kecepatan putaran pada *propeller*.



**Gambar 5. 2 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran *Propeller* dengan Tegangan Keluaran Sensor**

## 5.2. Pengujian respon *open loop plant wind tunnel*

### a. Tujuan

Menguji respon kecepatan aliran udara yang dihasilkan sistem secara *open loop* dari *wind tunnel*.

### b. Peralatan yang digunakan

- Sensor *Air Flow*
- Motor Induksi 3 Fasa ½ HP
- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Catu daya 12 V DC
- Modul VFD (*Variable Frequency Drive*)
- Voltmeter

- *Oscilloscope* digital

**c. Langkah pengujian**

1. Menghubungkan *Variable Frequency Drive* dengan motor induksi 3 fasa.
2. Mengatur putaran motor induksi 3 fasa pada 0 rpm
3. Menaikkan putaran motor sampai 8000 rpm
4. Mencatat tegangan keluaran sensor yang ditampilkan *oscilloscope* digital

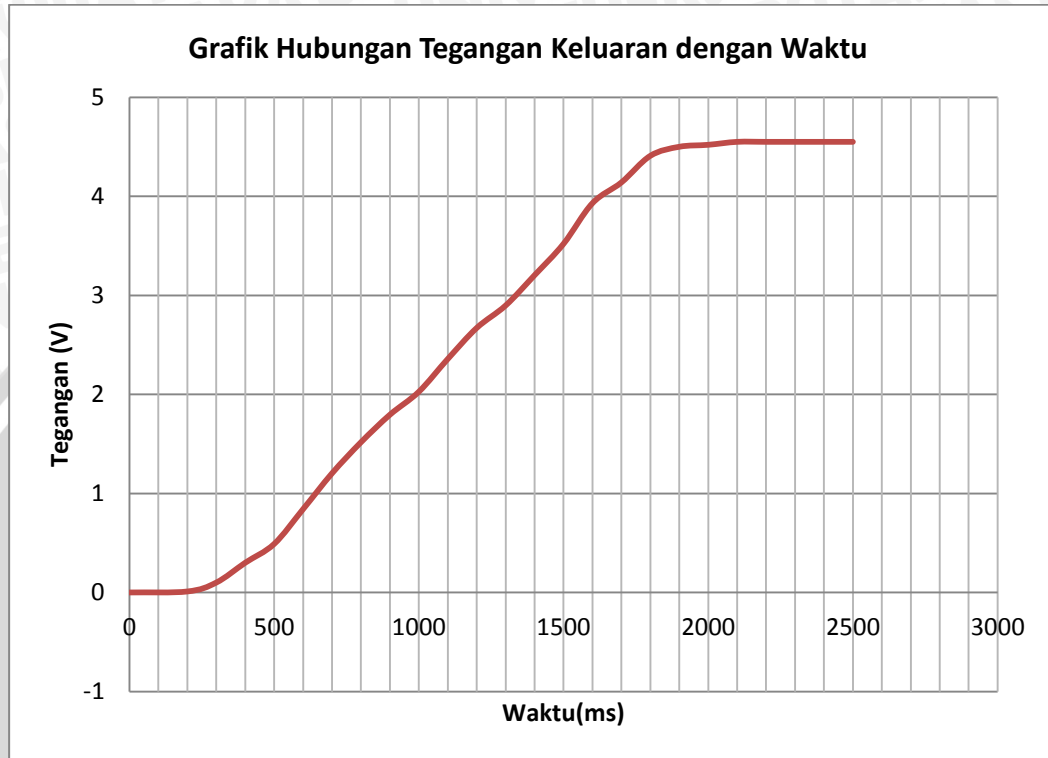
**d. Hasil Pengujian**

Adapun hasil pengujian aktuator diperlihatkan pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Hasil pengujian aktuator**

| vout  | t(ms) |
|-------|-------|
| 0     | 0     |
| 0.001 | 200   |
| 0.17  | 300   |
| 0.30  | 400   |
| 0.47  | 500   |
| 0.69  | 600   |
| 0.84  | 700   |
| 1.20  | 800   |
| 1.52  | 900   |
| 1.79  | 1000  |
| 2.03  | 1100  |
| 2.36  | 1200  |
| 2.67  | 1300  |
| 2.90  | 1400  |
| 3.20  | 1500  |
| 3.52  | 1600  |
| 3.93  | 1700  |
| 4.14  | 1800  |
| 4.41  | 1900  |
| 4.50  | 2000  |
| 4.52  | 2100  |
| 4.55  | 2200  |

Setelah melakukan pengujian secara *open loop* sesuai dengan langkah diatas, didapatkan hubungan antara tegangan keluaran terhadap waktu ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik respon aktuator

### 5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui respon sistem secara *close loop*.

#### a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara *close loop* dan mengamati respon yang dihasilkan setelah diberi nilai-nilai parameter kontroler agar sistem bekerja sesuai *setpoint* yang diinginkan.

#### b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 5 V
- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Arduino Mega
- Motor induksi 3 fasa

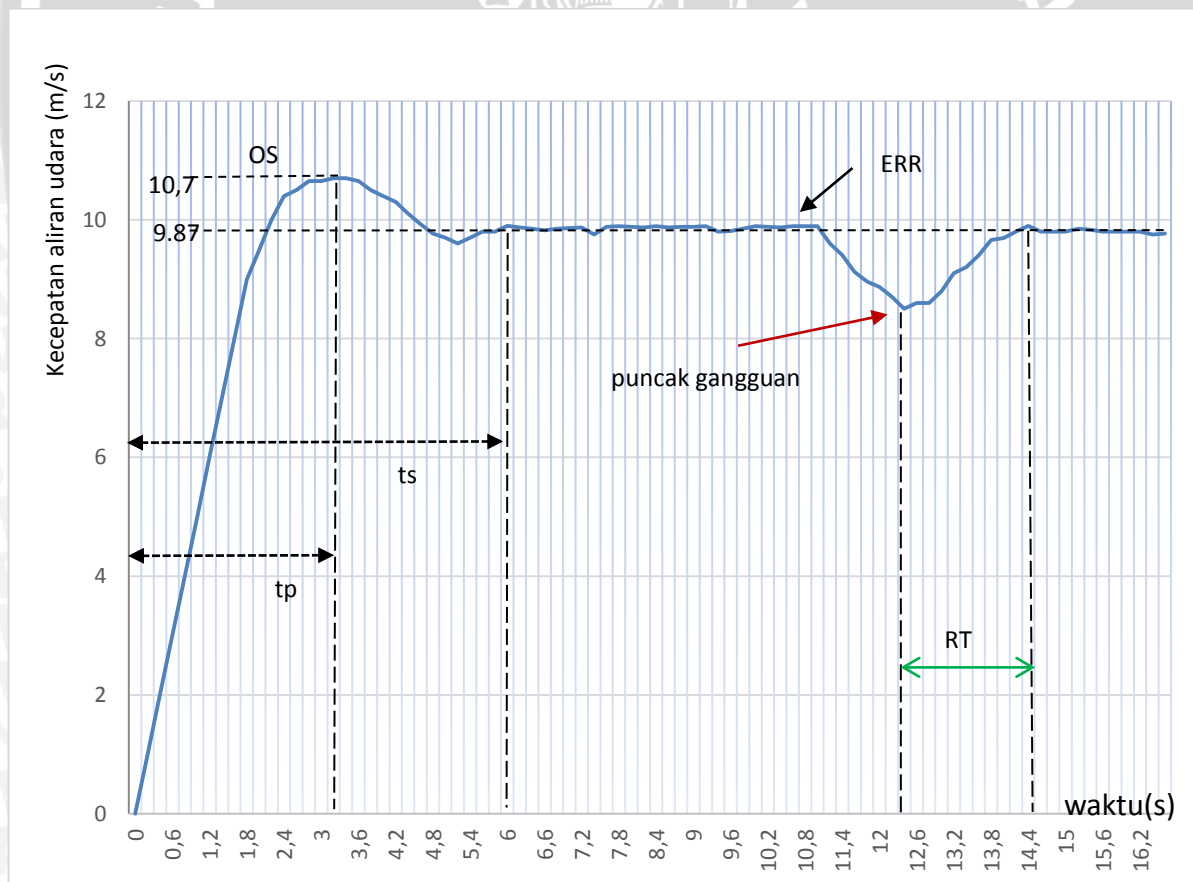
- *Variable Frequency Drive*
- PC / laptop.
- Program dan *software* Arduino ERW 1.0.5

**c. Langkah Pengujian**

1. Mengunduh program dengan *setpoint* kecepatan aliran udara 10 m/s beserta program KLF pada *software* Arduino ERW 1.0.5.
2. Merekam respon dengan *oscilloscope* digital
3. Memberikan gangguan dengan menghalangi aliran udara
4. Mengamati hasil keluaran nilai kecepatan aliran udara kemudian membuat grafik kecepatan aliran udara terhadap waktu.

**d. Hasil Pengujian**

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan grafik respon ditunjukkan dalam Gambar 5.4 dan hasil respon ditunjukkan dalam Tabel 5.3.



**Gambar 5.4** Pengujian Sistem dengan *Setpoint* kecepatan aliran udara sebesar 10 m/s



Dari hasil pengujian secara *closed loop* seperti yang diperlihatkan dalam Gambar

5.4 dapat diperoleh parameter unjuk kerja sistem sebagai berikut:

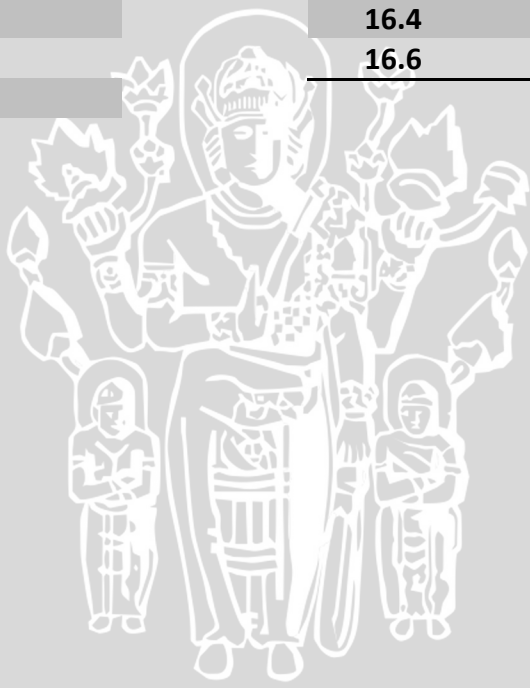
1. *Peak Time* ( $t_p$ ) terjadi pada sekitar 3,1 detik
2. *Steady state* terjadi pada sekitar 6,1 detik
3. *Maximum Overshoot* sebesar  $\frac{10,7-9,87}{9,87} \times 100\% = 8,4\%$
4. Besarnya *Error steady state* sebesar  $\frac{9,89-9,87}{9,89} \times 100\% = 0,22\%$
5. *Recovery Time* setelah adanya gangguan sebesar  $14400-12500 = 1900\text{ms}$ .

**Tabel 5.3 Hasil pengujian keseluruhan**

| Waktu (s) | Kecepatan aliran udara (m/s) | 4.6 | 9.93 |
|-----------|------------------------------|-----|------|
| 0         | 0                            | 4.8 | 9.77 |
| 0.2       | 1                            | 5   | 9.7  |
| 0.4       | 2                            | 5.2 | 9.6  |
| 0.6       | 3                            | 5.4 | 9.7  |
| 0.8       | 4                            | 5.6 | 9.8  |
| 1         | 5                            | 5.8 | 9.8  |
| 1.2       | 6                            | 6   | 9.9  |
| 1.4       | 7                            | 6.2 | 9.87 |
| 1.6       | 8                            | 6.4 | 9.85 |
| 1.8       | 9                            | 6.6 | 9.82 |
| 2         | 9.5                          | 6.8 | 9.85 |
| 2.2       | 10                           | 7   | 9.86 |
| 2.4       | 10.4                         | 7.2 | 9.87 |
| 2.6       | 10.5                         | 7.4 | 9.75 |
| 2.8       | 10.65                        | 7.6 | 9.88 |
| 3         | 10.65                        | 7.8 | 9.89 |
| 3.2       | 10.7                         | 8   | 9.88 |
| 3.4       | 10.7                         | 8.2 | 9.87 |
| 3.6       | 10.65                        | 8.4 | 9.89 |
| 3.8       | 10.5                         | 8.6 | 9.87 |
| 4         | 10.4                         | 8.8 | 9.88 |
| 4.2       | 10.3                         | 9   | 9.88 |
| 4.4       | 10.1                         | 9.2 | 9.89 |
|           |                              | 9.4 | 9.8  |
|           |                              | 9.6 | 9.81 |



|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| 9.8  | 9.85 | 13.4 | 9.2  |
| 10   | 9.89 | 13.6 | 9.4  |
| 10.2 | 9.88 | 13.8 | 9.66 |
| 10.4 | 9.87 | 14   | 9.69 |
| 10.6 | 9.89 | 14.2 | 9.8  |
| 10.8 | 9.89 | 14.4 | 9.9  |
| 11   | 9.89 | 14.6 | 9.8  |
| 11.2 | 9.6  | 14.8 | 9.8  |
| 11.4 | 9.4  | 15   | 9.8  |
| 11.6 | 9.12 | 15.2 | 9.85 |
| 11.8 | 8.96 | 15.4 | 9.83 |
| 12   | 8.87 | 15.6 | 9.8  |
| 12.2 | 8.7  | 15.8 | 9.8  |
| 12.4 | 8.5  | 16   | 9.8  |
| 12.6 | 8.6  | 16.2 | 9.8  |
| 12.8 | 8.6  | 16.4 | 9.75 |
| 13   | 8.8  | 16.6 | 9.77 |
| 13.2 | 9.1  |      |      |



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

