

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian pada setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian pada setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Tujuan dari pengujian sistem ini untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. Pengujian sensor *hall Effect* terhadap kecepatan putaran *propeller* tanpa *feedback* (*open loop*)
2. Pengujian respon *plant* secara *open loop*
3. Pengujian keseluruhan (*close loop*)

5.1 Pengujian Sensor *Hall Effect*

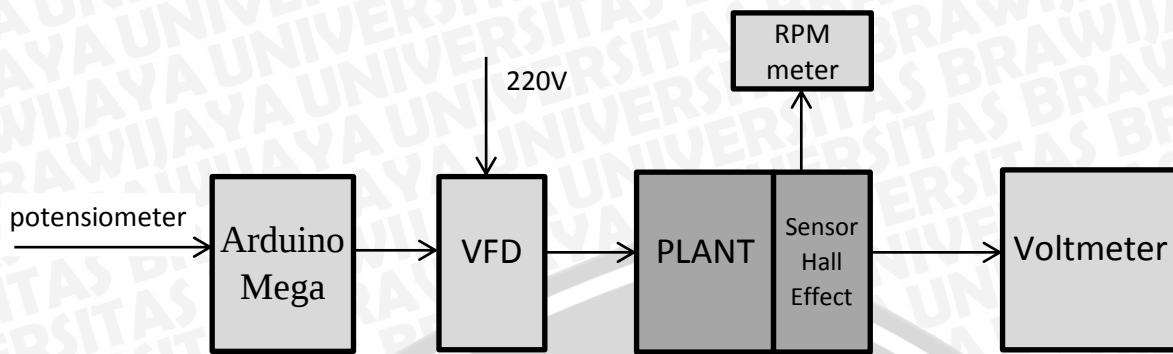
a. Tujuan

Pengujian pada sensor hall effect dalam membaca perubahan kecepatan putaran propeller tanpa adanya *feedback*, untuk mengetahui tingkat kelinieran dari output sensor.

b. Peralatan yang digunakan

- Arduino Mega 2560
- *Variable Frequency Drive*
- Motor induksi 3 fasa $\frac{3}{4}$ HP 220V
- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Sensor *Hall Effect*
- Komputer atau PC
- *Voltmeter*
- RPM meter

c. Langkah Pengujian



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor

1. Menghubungkan Plant dengan sensor *Hall Effect*, rangkaian *Variable Frequency Drive*, dan Arduino Mega sesuai dengan diagram blok pada Gambar 5.1.
2. Menghidupkan motor kemudian mengkonfigurasi *rate* motor pada batas minimum dan maximum mesin bekerja. Sesuai dengan batas yang telah ditentukan *rate* kecepatan putaran motor maksimal yaitu 11.040 RPM.
3. Menaikkan kecepatan putaran motor secara bertahap dengan cara memasukkan nilai PWM melalui arduino.
4. Kecepatan putaran motor akan dibaca oleh sensor.
5. Mencatat hasil keluaran dari sensor berupa RPM dan tegangan dengan bantuan RPM meter dan Voltmeter, kemudian membuat hubungan antara keduanya.

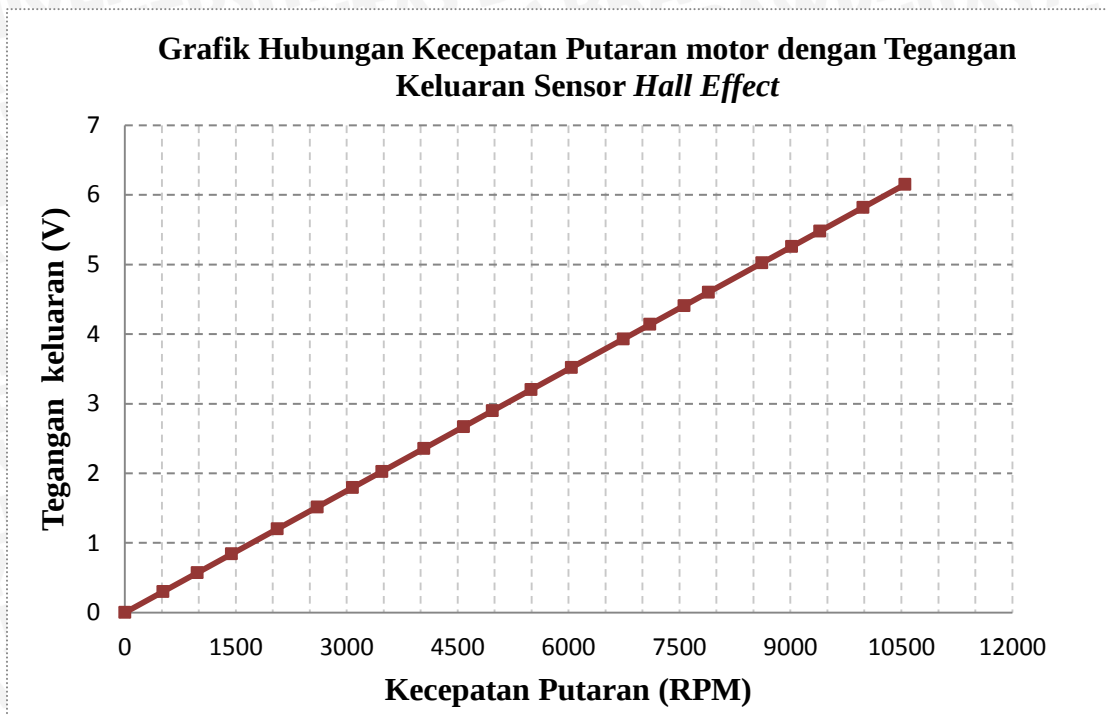
d. Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan data keluaran dari hasil pengujian sensor *Hall effect* maka dapat diketahui besarnya kecepatan putaran dan tegangan. Data yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Sensor

No.	PWM	Kecepatan putaran (RPM)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	0	0	0
2	12	515	0.30
3	23	979	0.57
4	33	1443	0.84
5	47	2063	1.20
6	60	2601	1.52
7	71	3078	1.79
8	80	3476	2.03
9	93	4044	2.36
10	106	4581	2.67
11	115	4970	2.90
12	127	5495	3.20
13	139	6038	3.52
14	155	6742	3.93
15	164	7101	4.14
16	174	7562	4.41
17	182	7891	4.60
18	199	8614	5.02
19	208	9019	5.26
20	217	9398	5.48
21	230	9982	5.82
22	243	10549	6.15

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, sensor mampu bekerja dengan baik terlihat tingkat kelinieran yang baik sehingga ideal untuk digunakan untuk membaca kecepatan putaran pada *propeller*. Pada Gambar 5.2 menunjukkan grafik hubungan antara kecepatan putaran motor dengan tegangan keluaran.



Gambar 5. 2 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Motor dengan Tegangan Keluaran Sensor *Hall Effect*

5.2. Pengujian respon *plant*

Dalam pengujian respon *wind tunnel* secara *open loop* ini terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan, antara lain:

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon kecepatan propeller pada *plant wind tunnel* secara *open loop*.

b. Peralatan yang digunakan

- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Arduino Mega 2560
- *Variable Frequency Drive*
- Motor induksi 3 fasa $\frac{3}{4}$ HP 220V
- Catu daya 12 V DC
- Sensor *Hall effect*
- *Oscilloscope* digital

c. Langkah pengujian

Pengujian alat ini dilakukan dengan cara menghubungkan VFD dengan motor induksi 3 fasa, dan sensor *Sensor Hall effect*. Kemudian menghubungkan dengan

oscilloscope digital untuk melihat nilai tegangan keluaran sensor. Setelah itu mengatur putaran motor induksi 3 fasa pada putaran 0 RPM kemudian menaikkan putaran motor sampai dengan putaran maksimum seketika. Langkah terakhir mencatat nilai tegangan keluaran sensor yang ditampilkan pada *oscilloscope digital*.

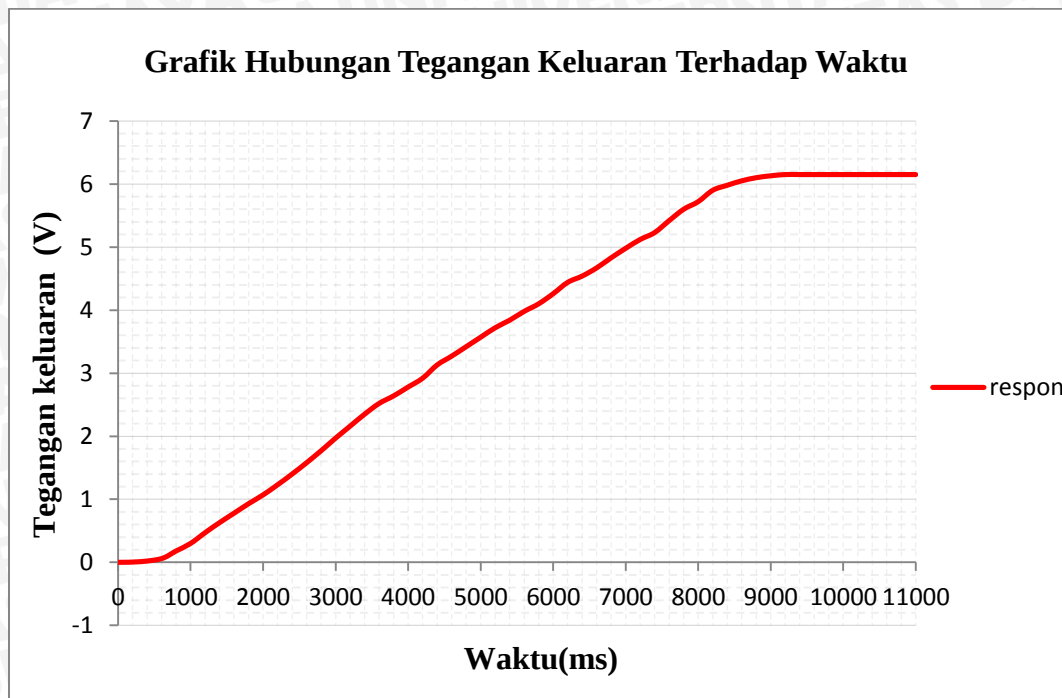
d. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil pengujian plant *wind tunnel* secara *open loop* yang diperlihatkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian respon plant

vout	t(ms)	3,84	5400
0	0	3,98	5600
0,01	300	4,10	5800
0,06	600	4,26	6000
0,18	800	4,44	6200
0,30	1000	4,54	6400
0,47	1200	4,67	6600
0,63	1400	4,83	6800
0,78	1600	4,98	7000
0,93	1800	5,12	7200
1,07	2000	5,23	7400
1,23	2200	5,42	7600
1,40	2400	5,60	7800
1,58	2600	5,72	8000
1,77	2800	5,90	8200
1,97	3000	5,98	8400
2,16	3200	6,05	8600
2,35	3400	6,10	8800
2,52	3600	6,13	9000
2,64	3800	6,15	9200
2,78	4000	6,15	9400
2,92	4200	6,15	9600
3,13	4400	6,15	9800
3,27	4600	6,15	10000
3,42	4800		
3,57	5000		
3,72	5200		

Grafik tegangan keluaran terhadap waktu yang didapatkan setelah melakukan pengujian respon *plant* secara *open loop* sesuai dengan langkah pengujian diatas dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik Respon *Plant*

5.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Dalam pengujian keseluruhan sistem ini terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan, antara lain:

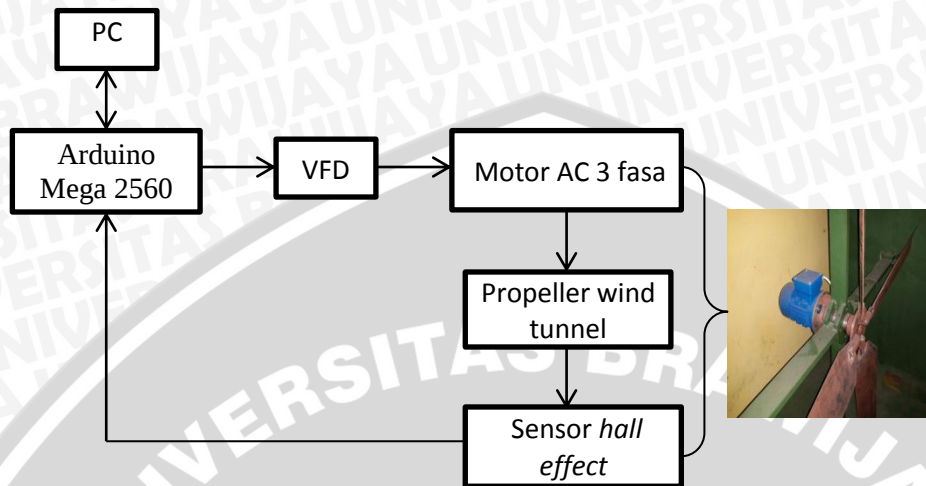
a. Tujuan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon keseluruhan sistem pengontrolan kecepatan *propeller* dapat bekerja dengan baik sesuai dengan *setpoint* yang sudah ditentukan.

b. Peralatan yang digunakan

- Mekanikal alat uji *wind tunnel*
- Arduino Mega 2560
- Program dan *software* Arduino
- *Variable Frequency Drive*
- Motor induksi 3 fasa $\frac{3}{4}$ HP 220V
- Sensor *Hall Effect*
- Catu daya 5 V

- Komputer atau PC
 - *Oscilloscope* digital
- c. **Langkah Pengujian**



Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sistem

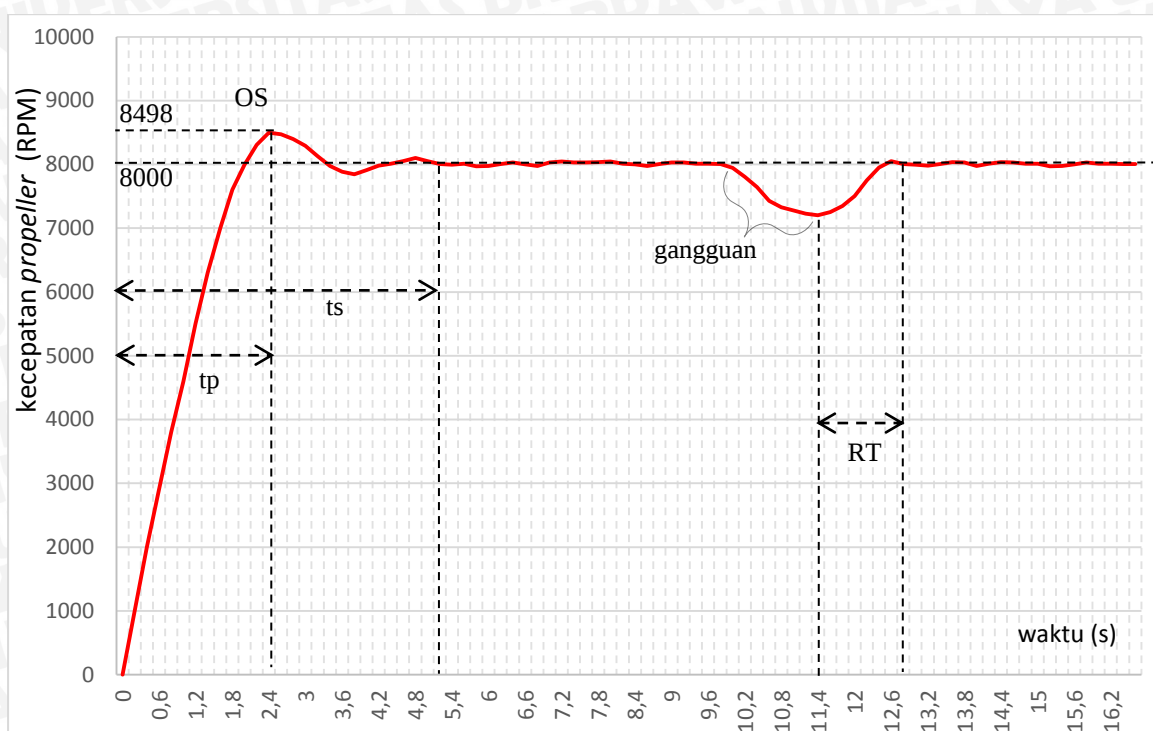
1. Menghubungkan peralatan alat uji wind tunnel sesuai dengan Gambar 5.4
2. Mengunduh program KLF pada *software* Arduino dengan *setpoint* kecepatan putaran propeller 8000 RPM.
3. Melihat dan mencatat respon pada *oscilloscope* digital
4. Memberikan gangguan dengan cara menutup jendela masuknya aliran udara (menghalangi aliran udara yang masuk)
5. Mengamati hasil keluaran nilai kecepatan propeller (RPM).
6. Membuat grafik hubungan kecepatan putaran terhadap waktu.

d. **Hasil Pengujian**

Setelah dilakukan pengujian sesuai langkah pengujian, didapatkan hasil pengujian keseluruhan sistem yang diperlihatkan pada Tabel 5.3. dan untuk grafik respon dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Tabel 5.3 Hasil pengujian keseluruhan

Waktu (S)	Kecepatan putaran (RPM)		
0	0	8,2	8012
0,2	1005	8,4	8000
0,4	2004	8,6	7978
0,6	2905	8,8	8004
0,8	3804	9	8029
1	4598	9,2	8029
1,2	5505	9,4	8012
1,4	6303	9,6	8012
1,6	6999	9,8	8004
1,8	7602	10	7946
2	7998	10,2	7806
2,2	8305	10,4	7643
2,4	8498	10,6	7431
2,6	8475	10,8	7329
2,8	8398	11	7279
3	8292	11,2	7227
3,2	8125	11,4	7203
3,4	7977	11,6	7251
3,6	7886	11,8	7350
3,8	7846	12	7504
4	7909	12,2	7752
4,2	7979	12,4	7951
4,4	8012	12,6	8049
4,6	8049	12,8	8004
4,8	8100	13	7995
5	8052	13,2	7979
5,2	8004	13,4	8004
5,4	7995	13,6	8038
5,6	8012	13,8	8029
5,8	7969	14	7978
6	7978	14,2	8012
6,2	8004	14,4	8038
6,4	8029	14,6	8029
6,6	8000	14,8	8012
6,8	7978	15	8012
7	8029	15,2	7969
7,2	8046	15,4	7978
7,4	8029	15,6	8000
7,6	8029	15,8	8029
7,8	8038	16	8012
8	8046	16,2	8012
		16,4	8004
		16,6	8004



Gambar 5. 5 Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Setpoint 8000 RPM

Dari hasil pengujian keseluruhan sistem dapat dicari nilai %Ess, besarnya over shoot dan error terbesar pada saat terjadi gangguan dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

- Error Steady State (% ESS)**

$$= \frac{|\text{Average speed steady} - \text{setpoint}|}{\text{setpoint}} \times 100\%$$

$$= \frac{|8019,85 - 8000|}{8000} \times 100\%$$

$$= 0,00248 \times 100\%$$

$$= 0,248\%$$

$$= 0,25\%$$
- Besarnya Overshoot (OS)**

$$= \frac{|8498 - 8000|}{8000} \times 100\%$$

$$= 0,06225 \times 100\%$$

$$= 6,23\%$$
- % Error maks saat terjadi gangguan**

$$= \frac{|8000 - 7203|}{8000} \times 100\%$$

$$= 0,0996 \times 100\%$$

$$= 9,96\%$$

Dari grafik pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* (*setling time*) adalah 5,2 detik. Dan ketika terjadi gangguan sistem

mampu kembali pada keadaan *steady state* dengan waktu *recovery* (RT) sebesar 1400ms. Secara keseluruhan sistem dapat mencapai setpoint (8000 RPM) yang ditentukan dengan % *ESS* sebesar 0,25 % dan mampu memberikan respon sistem yang baik untuk kembali pada keadaan *steady* ketika terjadi gangguan.

