

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah seluruh tahapan perakitan alat selesai dilaksanakan, Langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengujian dan analisis. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah system pada pengendalian ketinggian air dapat bekerja dengan baik sehingga nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam mendeteksi dan menelusuri sumber kesalahan atau kerusakan di kemudian hari. Untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan data yang dihasilkan, proses pengujian perlu dilakukan secara berulang agar data yang diperoleh valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4.1 Pengujian Power Supply

Rancang bangun alat kendali ketinggian air ini menggunakan power supply 24 dan 5 VDC yang digunakan sebagai sumber daya ke seluruh komponen yang ada. Pengujian ini bertujuan mengetahui nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh power supply. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran tegangan yang terbaca pada nameplate power supply dengan nilai tegangan yang terbaca pada alat ukur multimeter. Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian power supply 24 VDC.

Tabel 4. 1 Pengujian Power Supply 24 VDC

Pengujian	Tegangan	Tegangan	Selisih	Error (%)
Ke-	Keluaran	ZKeluaran	Pengukuran	
	pada	Alat Ukur	(Volt)	
	Nameplate	(Volt)		
	(Volt)			

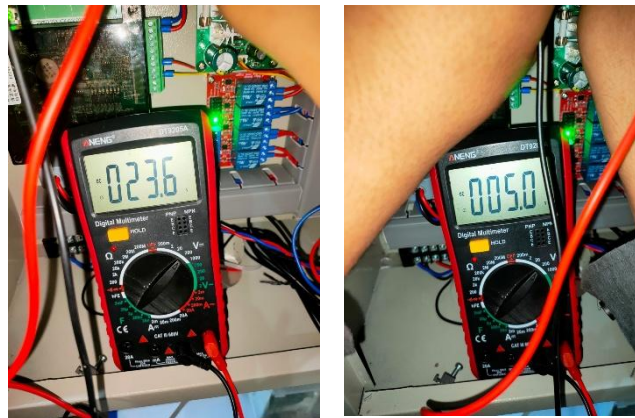
1	24	23.6	0,4	1.66 %
2	24	23.7	0.3	1.25 %
3	24	23.9	0,1	0.42 %
4	24	23.8	0,2	0.83 %
5	24	23.6	0.4	1.66 %
Rata-rata Error pada Power supply				1.16 %

Bersarkan tabel 4.1 didapatkan rata-rata *error* pada *power supply* sebesar 1.16% yang didapatkan dari perhitungan rumus (2.10). Hal ini menandakan bahwa komponen *power supply* memiliki tingkat simpangan yang sedikit serta memiliki Tingkat kestabilan yang tinggi sehingga power supply dapat digunakan sebagai sumber daya pada komponen utama yaitu PLC FX3U-14MT.

Tabel 4. 2 Pengujian Power Supply 5VDC

Pengujian Ke-	Tegangan Keluaran pada Nameplate (Volt)	Tegangan ZKeluaran Alat Ukur (Volt)	Selisih Pengukuran (Volt)	Error (%)
1	5	5	0	0 %
2	5	4.9	0.1	2 %
3	5	5	0	0 %
4	5	5	0	0 %
5	5	4.9	0,1	2 %
Rata-rata Error pada Power supply				2 %

Bersarkan tabel 4.2 didapatkan rata-rata *error* pada *power supply* sebesar 2 % yang didapatkan dari perhitungan rumus (2.10). Hal ini menandakan bahwa komponen *power supply* memiliki tingkat simpangan yang sedikit serta memiliki tingkat kestabilan yang tinggi sehingga *power supply* dapat digunakan sebagai sumber daya pada komponen sensor ultrasonic US-016. Hasil pengukuran *power supply* dapat dilihat pada gambar 4.1.



(a)

(b)

Gambar 4. 1 Hasil pengukuran power supply 24 VDC

Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran power supply 5 VDC

4.2 Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketinggian air selama proses pengisian cairan. Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan alat pada mode manual untuk menguji sensor ultrasonic ketika solenoid valve off dan mode auto Ketika keseluruhan proses berjalan sesuai set value ketinggian air yang telah ditetapkan.

4.2.1 Pengujian Mode Manual Ketika Kondisi Solenoid Valve Off

Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Ultrasonik Mode Manual dengan Set value 3 cm

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Nilai Terbaca pada Sensor (cm)	Nilai Terbaca pada Alat Ukur (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	3	3	3.4	0.4	11,76 %
2	3	3	3	0	0 %
3	3	3	3	0	0 %
4	3	3	3,5	0.5	14,29 %
5	3	3	3.7	0.7	18, 92 %
6	3	3	3.2	0.2	6,25 %
7	3	3	3.5	0.5	14,29 %
8	3	3	3.1	0.1	3,23 %
9	3	3	3.3	0.3	9,09 %
10	3	3	3	0	0 %
Rata-Rata Error					7, 78 %

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor Ultrasonik Mode Manual dengan Set Value 0,6 L (Satuan Volume)

Pengujian Ke-	Set Value (L)	Nilai Terbaca	Nilai Terbaca	Selisih (L)	Error (%)
---------------	---------------	---------------	---------------	-------------	-----------

		pada Sensor (L)	pada Alat Ukur (L)		
1	0,6	0,6	0,68	0.08	11,76 %
2	0,6	0,6	0,6	0	0 %
3	0,6	0,6	0,6	0	0 %
4	0,6	0,6	0,7	0.1	14,29 %
5	0,6	0,6	0,74	0.14	18,92 %
6	0,6	0,6	0,64	0.04	6,25 %
7	0,6	0,6	0,7	0.1	14,29 %
8	0,6	0,6	0,62	0.02	3,23 %
9	0,6	0,6	0,66	0.06	9,09 %
10	0,6	0,6	0,6	0	0 %
Rata-Rata Error					7,78 %

Tabel 4. 5 Pengujian Sensor Ultrasonik Mode Manual dengan Set Value 5 cm

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Nilai Terbaca pada Sensor (cm)	Nilai Terbaca pada Alat Ukur (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	5	5	5.3	0.3	5,66 %
2	5	5	5	0	0 %

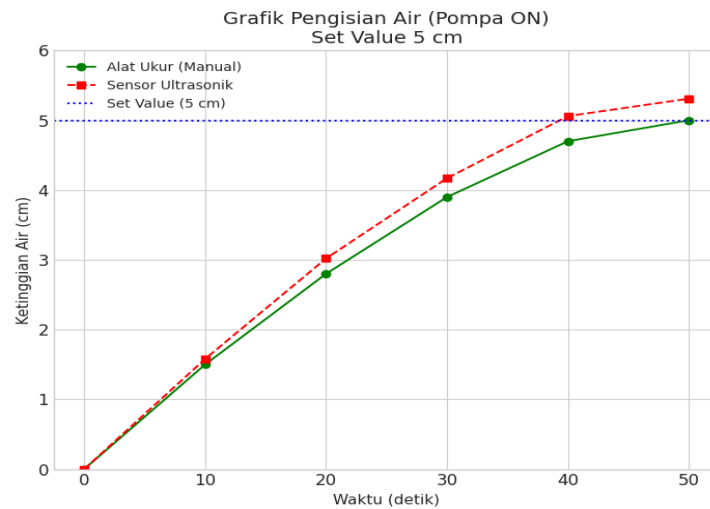
Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Nilai Terbaca pada Sensor (cm)	Nilai Terbaca pada Alat Ukur (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
3	5	5	5	0	0 %
4	5	5	5,4	0.4	7,41 %
5	5	5	4.8	0.2	4,17 %
6	5	5	5.1	0.1	1,96 %
7	5	5	5.5	0.5	9,09 %
8	5	5	5.3	0.3	5,66 %
9	5	5	5.2	0.2	3,85 %
10	5	5	5	0	0 %
Rata-Rata Error					3,78 %

Tabel 4. 6 Pengujian Sensor Ultrasonik Mode Manual dengan Set Value 1L (Satuan Volume)

Pengujian Ke-	Set Value (L)	Nilai Terbaca pada Sensor (L)	Nilai Terbaca pada Alat Ukur (L)	Selisih (L)	Error (%)
1	1	1	1,06	0.06	5,66 %
2	1	1	1	0	0 %
3	1	1	1	0	0 %

Pengujian Ke-	Set Value (L)	Nilai Terbaca pada Sensor (L)	Nilai Terbaca pada Alat Ukur (L)	Selisih (L)	Error (%)
4	1	1	1,08	0.08	7,41 %
5	1	1	0,96	0.04	4,17 %
6	1	1	1,02	0.02	1,96 %
7	1	1	1,1	0.1	9,09 %
8	1	1	1,06	0.06	5,66 %
9	1	1	1,04	0.04	3,85 %
10	1	1	1	0	0 %
Rata-Rata Error					3,78 %

Berdasarkan table 4.3 dan 4.4 didapatkan error pada sensor ultrasonic dengan control manual *on-off* sebesar 7,78 % yang didapatkan dari perhitungan rumus (2.11). Secara umum, nilai error ini cukup tinggi. Sedangkan pada table 4.5 dan 4.6 dengan set point 5 cm (1 L dalam satuan volume) didapatkan *error* pada sensor ultrasonik sebesar 3.78 %. Secara umum, nilai error berada dalam rentang 3% sampai dengan 6% masih dapat diterima untuk aplikasi standar. Pada tabel 4.3 dan 4.4 nilai error lebih besar dikarenakan nilai set point yang rendah, hal ini dapat terlihat ketika diberikan set point yang lebih tinggi, yaitu sebesar 5 cm, maka nilai *error*nya turun menjadi sebesar 3,78%. Hal ini dapat diartikan bahwa komponen sensor ultrasonic memiliki tingkat simpangan yang masih tergolong wajar, nilai error yang besar dapat terjadi karena pengaturan set point maupun adanya *noise* dari lingkungan.



Gambar 4. 3 Grafik Pengisian Air Mode Manual

Dari grafik pengisian air dengan control manual tersebut menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik meski ada offset dikarenakan adanya error sebesar 3,78 % - 7,78 %.

4.2.2 Pengujian Mode Auto

Tabel 4. 7 Pengujian Alat Ketika Mode Auto dengan Set Value 3 cm

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)	Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)
1	3	4	3.5	2.6	3
2	3	3.9	4	1.8	2.5
3	3	3.5	3.7	1.8	2
4	3	3.7	3.7	2.5	2.5
5	3	3.7	3.3	2.4	2

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)	Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)
6	3	3.9	3.7	2.3	2.3
7	3	4	3.8	1.8	2.1
8	3	3.8	4	2	1.8
9	3	3.9	3.6	2	1.6
10	3	4	3.9	2.1	1.9
Rata-Rata		3.84	3,72	2.13	2.17

Tabel 4. 8 Pengujian Alat Ketika Mode Auto dengan Set Value 0,6 L (Satuan Volume)

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)	Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)
1	0,6	0,8	0,7	0,52	0,6
2	0,6	0,78	0,8	0,36	0,5
3	0,6	0,7	0,74	0,36	0,4

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)	Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)
4	0,6	0,74	0,74	0,5	0,5
5	0,6	0,74	0,66	0,48	0,4
6	0,6	0,78	0,74	0,46	0,46
7	0,6	0,8	0,76	0,36	0,42
8	0,6	0,76	0,8	0,4	0,36
9	0,6	0,78	0,72	0,4	0,32
10	0,6	0,8	0,78	0,42	0,38
Rata-Rata		0,768	0,744	0,42	0,434

Tabel 4. 9 Pengujian Alat Ketika Mode Auto dengan Set Value 5 cm

Pengujian Ke-	Set Value (cm)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)	Nilai pada Sensor (cm)	Nilai pada Alat Ukur (cm)

1	5	6	5.5	4.6	4.9
2	5	5.9	6	3.8	4.5
3	5	5.5	5.7	3.8	4
4	5	5.7	5.7	4.5	4.5
5	5	5.7	5.3	4.4	4
6	5	5.9	5.7	4.3	4.3
7	5	6	5.8	3.8	4.1
8	5	5.8	6	4	3.8
9	5	5.9	5.6	4.2	3.7
10	5	6.2	5.9	4.1	3.9
Rata-Rata		5.86	5,72	4.15	4.17

Tabel 4. 10 Pengujian Alat Ketika Mode Auto dengan Set Value 1L (Satuan Volume)

Pengujian Ke-	Set Value (L)	Ketika Valve Menyala		Ketika Pompa Menyala	
		Nilai pada Sensor (L)	Nilai pada Alat Ukur (L)	Nilai pada Sensor (L)	Nilai pada Alat Ukur (L)
1	1	1,2	1,1	0,92	0,98
2	1	1,18	1,2	0,76	0,9
3	1	1,1	1,14	0,76	0.8

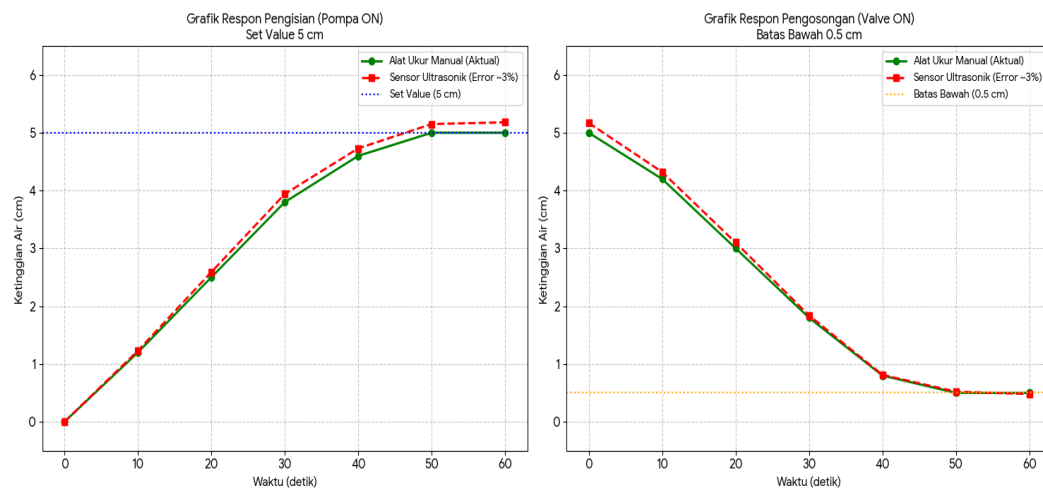
4	1	1,14	1.08	0,9	0,9
5	1	1,14	1.06	0,88	0,8
6	1	1,18	1,14	0.86	0,86
7	1	1.2	1,16	0,76	0,82
8	1	1.18	1,2	0,8	0,76
9	1	1.18	1,12	0,84	0,74
10	1	1,24	1,18	0.82	0,78
Rata-Rata		1,174	1,138	0,83	0,834

Pada mode auto menggunakan kontrol sistem *on-off* histerisis, dilakukan percobaan dengan set point 3 cm (Tabel 4.7). Dengan mengatur set point sebesar 3 cm, maka pompa akan menyala ketika nilai variable melewati batas bawah yaitu 2 cm dan ketika melewati batas atas yaitu 4cm maka pompa akan mati sedangkan valve akan otomatis terbuka. Setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali, terlihat bahwa rata-rata nilai yang terbaca pada sensor ketika valve terbuka yaitu 3.84 cm, sementara ketika dilakukan pengukuran secara manual menggunakan penggaris menghasilkan nilai 3,72 cm. Kedua hasil pembacaan ketinggian ini memiliki selisih sebesar 0,12cm. Dari data tersebut menghasilkan error sebesar 3,22 %. Begitu pula ketika pompa aktif dan valve tertutup, rata-rata nilai yang terbaca pada sensor sebesar 2,13cm sedangkan ketika dilakukan pengukuran manual menggunakan penggaris sebesar 2.17cm yang hanya memiliki selisih 0,04cm dan error sebesar 1,8%.

Selanjutnya dilakukan percobaan dengan set point 5 cm (Tabel 4.9). Dengan mengatur set point sebesar 5cm, maka pompa akan menyala ketika nilai variable melewati batas bawah yaitu 4cm dan ketika melewati batas atas yaitu 5cm maka pompa akan mati sedangkan valve akan otomatis terbuka. Setelah dilakukan 10 kali percobaan, terlihat bahwa rata-rata nilai yang terbaca pada sensor ketika valve

terbuka yaitu 5.86 cm, sementara ketika dilakukan pengukuran secara manual menggunakan penggaris menghasilkan nilai 5,72. Kedua hasil pembacaan ketinggian ini memiliki selisih sebesar 0,14cm yang mana dari data tersebut menghasilkan error sebesar 2%. Begitu pula ketika pompa aktif dan valve tertutup, rata-rata nilai yang terbaca pada sensor sebesar 4,15cm sedangkan ketika dilakukan pengukuran manual menggunakan penggaris sebesar 4.17cm yang hanya memiliki selisih 0,02 cm dan menghasilkan error sebesar 0,4%.

Dari percobaan menggunakan dua jenis control yaitu manual dan histerisis serta menggunakan dua set point yang berbeda, menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja dengan baik sesuai dengan program. Pada control on-off manual masih terdapat error sebesar 3,78% sampai dengan 7,78%. Sedangkan apabila menggunakan control on-off histerisis error yang dihasilkan sebesar 0,4% sampai dengan 3,22 %. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol on-off histerisis terbukti mampu mengontrol ketinggian air dengan lebih presisi dibanding menggunakan control on-off manual.



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Ketinggian Air dengan On-Off Histerisis

Pada grafik pengujian ketinggian air dengan On-Off Histerisis terdapat margin error rata-rata sebesar 3,1% yang menunjukkan bahwa system mempunyai tingkat presisi yang sangat baik. Garis pembacaan sensor pada grafik mengikuti garis aktual dengan sangat rapat. Pada kondisi *steady state* (detik ke-50 ke atas), sensor mampu menjaga pembacaan di angka ~5,1 cm untuk target 5 cm. Selisih 0,1 cm ini merupakan toleransi yang sangat baik untuk sensor tipe ultrasonik. Sedangkan pada grafik pengosongan menunjukkan penurunan yang mulus hingga ke batas bawah 0,5 cm. Peningkatan error kecil di titik terendah (4%) adalah wajar karena keterbatasan sensor pada jarak yang sangat dekat (*blind zone*).

Adanya pembacaan nilai yang tidak akurat disebabkan gerakan air yang tidak stabil (bergelombang) sehingga berpengaruh pada pembacaan sensor. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dengan menambah *moving average* pada program PLCnya. Selain itu, masih terdapat *chattering* disebabkan adanya keterbatasan ukuran tangki air yang kecil berdampak pada nilai set point yang kecil juga, sehingga batas atas dan bawah system control tidak terlalu jauh. Kedepannya bisa diperbaiki dengan merancang sistem dengan ukuran tangki yang lebih besar.