

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

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.

#### 5.1 Pengujian Rangkaian Sensor *High Low Water Level*

##### a. Tujuan

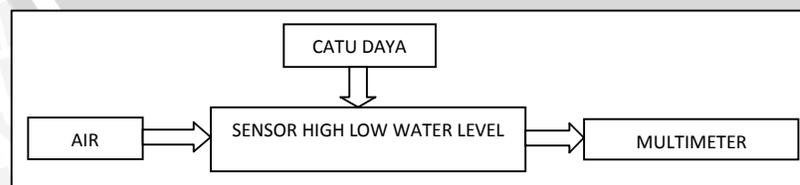
Pengujian rangkaian sensor sensor level bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut.

##### b. Peralatan yang digunakan

- Sensor Level.
- Multimeter.
- Penggaris busur.
- Catu daya 6 volt.

##### c. Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.
2. Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
3. Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
4. Mengukur tegangan keluaran sensor dengan menggunakan multimeter.
5. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.1



Gambar 5.1. Diagram Pengujian Sensor Level

## d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian dari rangkaian sensor level ditunjukkan dalam Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Water Level

No	Kondisi	Vout Sensor (volt)	V ref (volt)	Logika
1.	Tidak Terkena Air	0	6,03	0
		0	6,04	
		0	6,04	
		0	6,03	
		0	6,03	
2.	Terkena Air	1,683	5,07	1
		1,697	5,08	
		1,712	5,08	
		1,697	5,06	
		1,614	5,07	

Berdasarkan sensor yang dipakai sebagai pendeteksi air menggunakan rangkaian *switching* yang terhubung dengan rangkaian sensor yang menggunakan IC CD 4066 bilateral saklar CMOS IC. Saat *low indicator* atau *high indicator* tidak mendeteksi air maka keluaran sensor 0 volt dan saat terkena air keluaran sensor rata-rata adalah 1,6806.

Ketika *low indicator* atau *high indicator* pada tangki terdeteksi adanya air maka keluaran dari sensor tersebut masuk ke rangkaian *switching* yang berlogika 0 dan 1 untuk diteruskan menjadi masukan dari PLC sebesar 0 volt dan 24 volt.

## 5.2 Pengujian Ketepatan *Low Level* Pengisian Tangki (ukuran 10x10x20)

### a. Tujuan

Pengujian ketepatan level pengisian tangki bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak dan perangkat keras berjalan dengan baik serta tingkat keakurasian dari sensor level berupa data waktu dan ketepatan posisi untuk pengujian satu side *plant*.

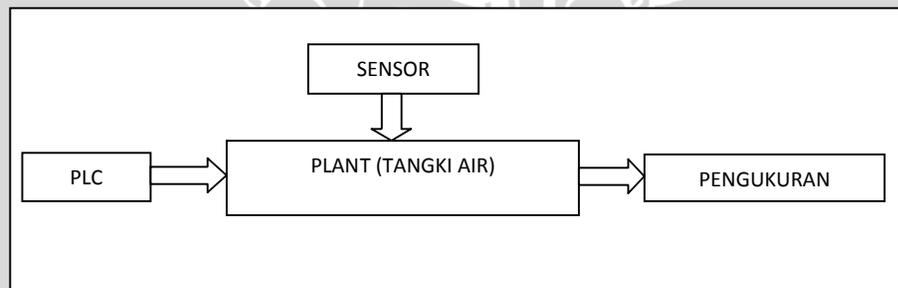
### b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 6VDC
- Catu daya 24VDC

- PLC Omron CQM1
- Tangki Air ukuran 10cm x 10cm x 20cm
- Sensor Level
- *Solenoid valve* 24VDC
- Selang *pneumatic* 6mm
- Pompa akuarium
- *stopwatch*
- Mistar

c. Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
2. Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
3. Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
4. Merangkai perangkat keras dan perangkat lunak sesuai pengujian.
5. Mengukur waktu dan ketepatan posisi saat *low indicator* yaitu pada ukuran tangki mencapai 10cm x 10cm x 5 cm.
6. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.2 dan 5.3



**Gambar 5.2** Diagram Blok Pengujian Level Tangki Air

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian pengujian waktu pengisian tangki air mencapai ukuran 10cm x 10cm x 5cm pada Tabel 5.2 dan Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 10cm x 10cm x 5cm pada Tabel 5.3

**Tabel 5.2** Hasil pengujian waktu pengisian tangki air mencapai 10cm x 10cm x 5cm

Pengisian Ke-	Waktu (s)
1	47,8
2	47,2
3	47,2
4	47,0
5	46,7
Rata-rata	47,18

**Tabel 5.3** Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 10cm x 10cm x 5cm

Pengisian Ke-	Ketepatan Posisi (liter)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
1	0,5	0,51	2
2	0,5	0,5	0
3	0,5	0,505	1
4	0,5	0,505	1
5	0,5	0,5	0
Kesalahan rata-rata			0,8

Berdasarkan data dalam Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengisian adalah 47,18 detik. Pada Tabel 5.3 yang menyatakan ketepatan posisi saat pengisian memiliki kesalahan rata-rata sebesar 0,8%. Pada Tabel 5.2 pencatatan waktu semakin menurun sehingga tidak memiliki data yang sama persis dikarenakan kurang presisinya *stopwatch*. Pada Tabel 5.3 adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan kurang presisinya mistar. Kesalahan juga dapat disebabkan karena kesalahan paralaks (*human error*) sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan sensor level dan *stopwatch*.

### 5.3 Pengujian Ketepatan *High Level* Pengisian Tangki (ukuran 10x10x20)

#### a. Tujuan

Pengujian ketepatan level pengisian tangki bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak dan perangkat keras berjalan dengan baik serta tingkat keakurasian dari sensor level berupa data waktu dan ketepatan posisi untuk pengujian satu side *plant*.

b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 6VDC
- Catu daya 24VDC
- PLC Omron CQM1
- Tangki Air ukuran 10cm x 10cm x 20cm
- Sensor Level
- *Solenoid valve* 24VDC
- Selang *pneumatic* 6mm
- Pompa akuarium
- *stopwatch*
- Mistar

c. Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
2. Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
3. Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
4. Merangkai perangkat keras dan perangkat lunak sesuai pengujian.
5. Mengukur waktu dan ketepatan posisi saat *high indicator* yaitu pada ukuran tangki mencapai 10cm x 10cm x 15 cm.
6. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.4 dan 5.5

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian pengujian waktu pengisian tangki air mencapai ukuran 10cm x 10cm x 15cm pada Tabel 5.4 dan Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 10cm x 10cm x 15cm pada Tabel 5.5

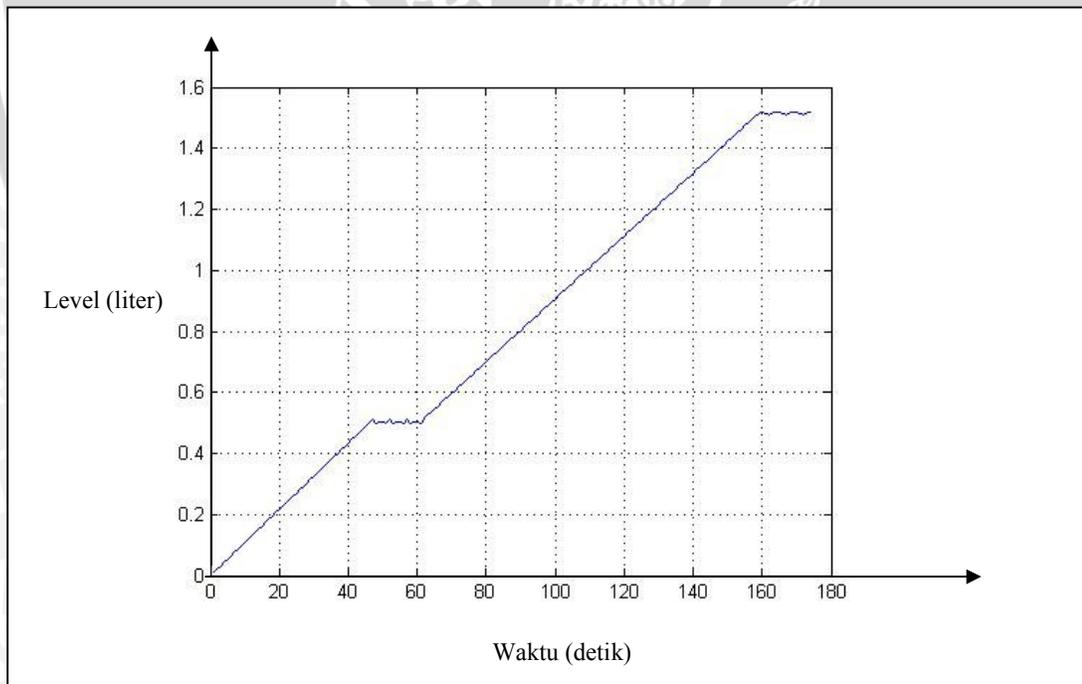
**Tabel 5.4** Hasil pengujian waktu pengisian tangki air mencapai 10cm x 10cm x 15cm

Pengisian Ke-	Waktu (s)
1	146,6
2	145,9
3	143,1
4	144,4
5	145,3
Rata-rata	145,06

Tabel 5.5 Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 10cmx10cmx15cm

Pengisian Ke-	Ketepatan Posisi (liter)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
1	1,5	1,52	1,33
2	1,5	1,515	1
3	1,5	1,51	0,67
4	1,5	1,52	1,33
5	1,5	1,52	1,33
Kesalahan rata-rata			1,132

Berdasarkan data dalam Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengisian adalah 145,06 detik. Pada Tabel 5.5 yang menyatakan ketepatan posisi saat pengisian memiliki kesalahan rata-rata sebesar 1,132%. Pada Tabel 5.4 pencatatan waktu berubah-ubah sehingga tidak memiliki data yang sama persis dikarenakan kurang presisinya *stopwatch*. Pada Tabel 5.5 adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan kurang presisinya mistar. Kesalahan juga dapat disebabkan karena kesalahan paralaks (*human error*) sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan sensor level dan *stopwatch*.



Gambar 5.3. Respon sistem tangki ukuran 10x10x20 cm<sup>3</sup>

*Time Settling* atau  $t_s$  adalah waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap dalam daerah sekitar harga akhir yang nilainya ditentukan dengan presentase mutlak dari harga akhirnya (biasanya 5 % atau 2 %).  $t_s$  dari pengujian ini menggunakan toleransi 2 %. Pada Gambar 5.3 terlihat bahwa respon sistem pada tangki ukuran  $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$ .

*Set Point Low Level* (tangki ukuran  $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$ ) :

- $t_s = 47,18$  detik

*Set Point High Level* (tangki ukuran  $10 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$ ) :

- $t_s = 145,06$  detik

#### 5.4 Pengujian Ketepatan *Low Level* Pengisian Tangki (ukuran $15 \times 10 \times 20$ )

##### a. Tujuan

Pengujian ketepatan level pengisian tangki bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak dan perangkat keras berjalan dengan baik serta tingkat keakurasian dari sensor level berupa data waktu dan ketepatan posisi untuk pengujian satu side *plant*.

##### b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 6VDC
- Catu daya 24VDC
- PLC Omron CQM1
- Tangki Air ukuran  $15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$
- Sensor Level
- *Solenoid valve* 24VDC
- Selang *pneumatic* 6mm
- Pompa akuarium
- *stopwatch*
- Mistar

##### c. Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
2. Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.

3. Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
4. Merangkai perangkat keras dan perangkat lunak sesuai pengujian.
5. Mengukur waktu dan ketepatan posisi saat *low indicator* yaitu pada ukuran tangki mencapai 15cm x 10cm x 5 cm.
6. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.6 dan 5.7

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian pengujian waktu pengisian tangki air mencapai ukuran 15cm x 10cm x 5cm pada Tabel 5.6 dan Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 15cm x 10cm x 5cm pada Tabel 5.7

**Tabel 5.6** Hasil pengujian waktu pengisian tangki air mencapai 15cm x 10cm x 5cm

Pengisian Ke-	Waktu (s)
1	74,7
2	75,2
3	75,8
4	75,1
5	75,4
Rata-rata	75,24

**Tabel 5.7** Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 15cmx10cmx5cm

Pengisian Ke-	Ketepatan Posisi (liter)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
1	0,75	0,735	2
2	0,75	0,735	2
3	0,75	0,75	0
4	0,75	0,75	0
5	0,75	0,75	0
Kesalahan rata-rata			0,8

Berdasarkan data dalam Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengisian adalah 75,24 detik. Pada Tabel 5.7 yang menyatakan ketepatan posisi saat pengisian memiliki kesalahan rata-rata sebesar 0,8%. Pada Tabel 5.6 pencatatan waktu berubah-ubah sehingga tidak memiliki data yang sama persis dikarenakan kurang presisinya *stopwatch*. Pada Tabel 5.7 adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan kurang presisinya mistar. Kesalahan juga dapat disebabkan karena kesalahan paralaks (*human error*) sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan sensor level dan *stopwatch*.

### 5.5 Pengujian Ketepatan *High Level* Pengisian Tangki (ukuran 15x10x20)

#### a. Tujuan

Pengujian ketepatan level pengisian tangki bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak dan perangkat keras berjalan dengan baik serta tingkat keakurasian dari sensor level berupa data waktu dan ketepatan posisi untuk pengujian satu side *plant*.

#### b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 6VDC
- Catu daya 24VDC
- PLC Omron CQM1
- Tangki Air ukuran 15cm x 10cm x 20cm
- Sensor Level
- *Solenoid valve* 24VDC
- Selang *pneumatic* 6mm
- Pompa akuarium
- *stopwatch*
- Mistar

#### c. Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor level seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
2. Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
3. Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
4. Merangkai perangkat keras dan perangkat lunak sesuai pengujian.
5. Mengukur waktu dan ketepatan posisi saat *high indicator* yaitu pada ukuran tangki mencapai 15cm x 10cm x 15 cm.
6. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.8 dan 5.9

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian pengujian waktu pengisian tangki air mencapai ukuran 15cm x 10cm x 15cm pada Tabel 5.8 dan Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 15cm x 10cm x 15cm pada Tabel 5.9

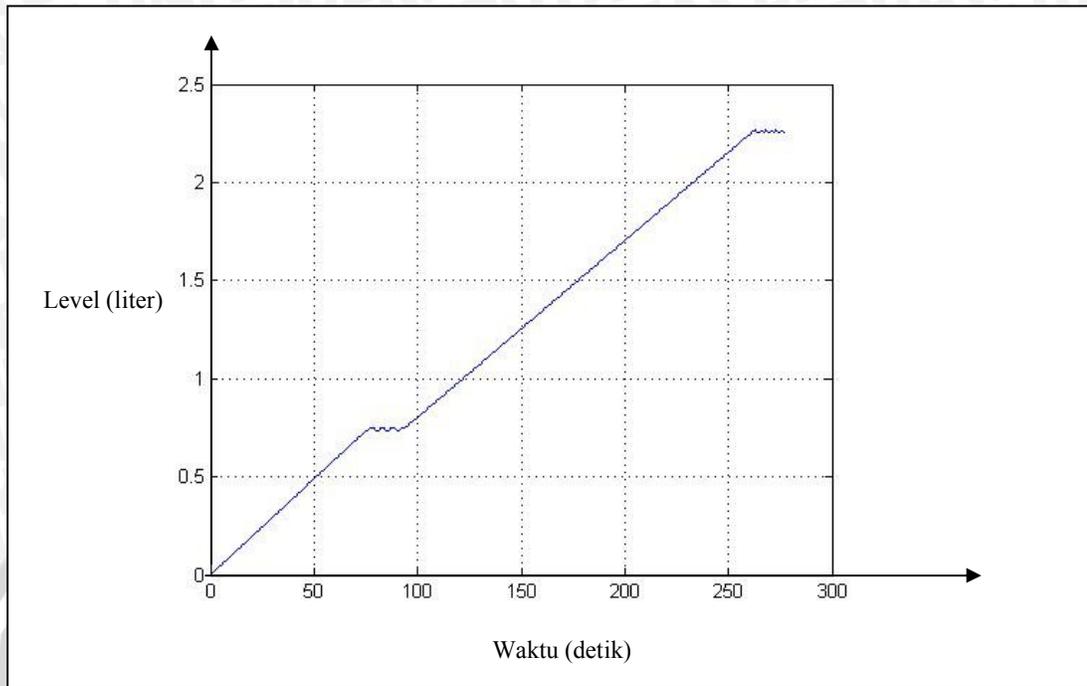
**Tabel 5.8.** Hasil pengujian waktu pengisian tangki air mencapai 15cm x 10cm x 15cm

Pengisian Ke-	Waktu (s)
1	243,6
2	242
3	241,4
4	244,9
5	244,1
Rata-rata	243,2

**Tabel 5.9** Hasil pengujian ketepatan posisi pengisian tangki air mencapai 15cmx10cmx15cm

Pengisian Ke-	Ketepatan Posisi (liter)		Kesalahan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
1	2,25	2,2725	1
2	2,25	2,2575	0,33
3	2,25	2,2575	0,33
4	2,25	2,265	0,67
5	2,25	2,2575	0,33
Kesalahan rata-rata			0,532

Berdasarkan data dalam Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengisian adalah 243,2 detik. Pada Tabel 5.9 yang menyatakan ketepatan posisi saat pengisian memiliki kesalahan rata-rata sebesar 0,532%. Pada Tabel 5.8 pencatatan waktu berubah-ubah sehingga tidak memiliki data yang sama persis dikarenakan kurang presisinya *stopwatch*. Pada Tabel 5.9 adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan kurang presisinya mistar. Kesalahan juga dapat disebabkan karena kesalahan paralaks (*human error*) sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan sensor level dan *stopwatch*.



**Gambar 5.4.** Respon sistem tangki ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup>

Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa respon sistem pada tangki ukuran 10x10x20 cm<sup>3</sup>.

*Set Point* Low Level (tangki ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup>):

- $t_s = 75,24$  detik

*Set Point* High Level (tangki ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup>):

- $t_s = 243,2$  detik

## 5.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

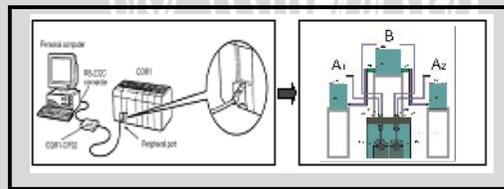
### a. Tujuan

Untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah diintegrasikan dalam sebuah sistem terpadu.

### b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya 220V AC
- Catu Daya 24VDC
- Catu Daya 6VDC
- PLC OMRON CQM1

- Satu unit PC (sudah terinstal program SYSWIN 3.4)
  - Rangkaian I/O untuk PLC
  - Miniatur *Plant*
  - Air
- c. Langkah Pengujian
- Menghubungkan PC dengan PLC menggunakan kabel *serial* RS-232 Adapter.
  - Menghubungkan rangkaian *input* dan *output* sistem dengan PLC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5.
  - Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
  - Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
  - Download diagram tangga yang telah dirancang menggunakan program SYSWIN 3.4 dari PC ke dalam PLC.
  - Mengubah kondisi PLC pada program SYSWIN 3.4 menjadi posisi *Run*.
  - Mengamati kerja dari diagram tangga pada PC menggunakan program SYSWIN 3.4.
  - Melakukan pengujian untuk setiap masing-masing kondisi *input* sesuai *flowchart* pada Gambar 4.7
  - Mengamati kerja dari aktuator (pompa dan *solenoid valve*).
  - Mengamati perubahan level.
  - Memasukkan hasil pengamatan ke dalam Tabel 5.10.



Gambar 5.5 Blok Diagram Pengujian PLC

d. Hasil pengujian

Tabel 5.10 Data Tiap Proses Pada Pengaturan Distribusi Air Keseluruhan Sistem

Address	1	2	3	4	5	6	7	8
000.00	0	0	1	1	1	1	1	0
000.01	0	0	0	1	1	1	1	0
000.02	0	0	0	0	0	1	1	1

000.03	0	0	0	0	0	0	1	1
000.04	0	0	1	1	1	1	1	0
000.05	0	0	0	1	1	1	1	0
100.00	0	0	0	0	0	0	0	0
100.01	0	0	0	0	0	0	0	0
100.02	1	1	1	0	0	0	0	1
100.03	0	0	0	1	1	1	0	0
100.04	1	1	1	0	0	0	0	1
100.05	0	0	0	1	1	1	0	0
100.06	0	1	1	0	1	1	0	0
100.07	0	1	1	0	1	1	0	0
T0	1	0	0	1	0	0	0	1
T1	1	0	0	1	0	0	0	1
C0							1 x	
C1							1 x	

Address	9	10	11	12	13
000.00	0	1	1	0	1
000.01	0	0	1	0	1
000.02	1	1	1	1	0
000.03	1	1	1	1	0
000.04	0	1	1	0	1
000.05	0	0	1	0	1
100.00	0	0	0	1	1
100.01	0	0	0	1	1
100.02	1	1	0	0	0
100.03	0	0	0	0	0
100.04	1	1	0	0	0
100.05	0	0	0	0	0
100.06	1	1	0	0	0
100.07	1	1	0	0	0
T0	0	0	0	0	0
T1	0	0	0	0	0
C0			2x		
C1			2x		

Data proses pengaturan distribusi di dua titik pada Tabel 4.10 menunjukkan 13 proses untuk pengujian secara keseluruhan. Pada setiap proses menggunakan 6 masukan dari sensor *high low water level*, 8 keluaran ( 6 *solenoid valve* dan 2 pompa akuarium), 2 fungsi *timer*, dan 2 fungsi *counter*. Pemberian

logika 1 menunjukkan aktif dan logika 0 menunjukkan nonaktif. Penjelasan tiap proses dapat dilihat pada *Tabel 5.11*.

**Tabel 5.11** Penjelasan Tiap Proses Pada Pengaturan Distribusi Air Keseluruhan Sistem

Proses Ke-	Keterangan
1	Proses Awal saat semua masukan belum aktif
2	Proses Pengaktifan timer selama 2 detik
3	Proses pengisian air pada tangki air A hingga mencapai <i>low level</i>
4	Proses pengisian air pada tangki air A hingga mencapai <i>high level</i>
5	Proses Pengaktifan timer selama 2 detik
6	Proses pengisian air pada tangki air B hingga mencapai <i>low level</i>
7	Proses pengisian air pada tangki air B hingga mencapai <i>high level</i> dan pembacaan <i>counter</i> sebanyak 1 kali
8	Kondisi saat tangki A kosong dan tangki B masih mencapai <i>high level</i>
9	Proses Pengaktifan timer selama 2 detik
10	Proses pengisian air pada tangki air A hingga mencapai <i>low level</i>
11	Proses pengisian air pada tangki air A hingga mencapai <i>high level</i> dan pembacaan <i>conter</i> sebanyak 2 kali
12	Kondisi saat tangki A kosong dan tangki B masih mencapai <i>high level</i>
13	Proses pengisian air pada tangki air A hingga mencapai <i>low level</i> kemudian proses <i>looping</i>

## 5.7 Pengujian Pengosongan Tangki Air

### a. Tujuan

Untuk mengetahui estimasi waktu secara tepat saat terjadi pengosongan tangki air baik secara teori maupun pengujian langsung.

### b. Peralatan yang digunakan

- Tangki Air ukuran 15cm x 10cm x 20cm dan 150m x 10cm x 20cm
- *stopwatch*
- Mistar

### c. Langkah pengujian

1. Mengisi air pada ketinggian tertentu sesuai acuan yang telah dibuat.

2. Posisi tangki harus tegak lurus sesuai pada acuan ketinggian.
3. Membuka saluran keluaran pada tangki air.
4. Mengukur waktu pengosongan tangki air yang telah terukur pada acuan ketinggian tertentu menggunakan *stopwatch*.
5. Memasukkan hasil pengukuran ke dalam Tabel 5.13 dan 5.15

d. Hasil pengujian

Pada pengujian ini, proses pengosongan pada tangki air ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup> untuk membandingkan hasil perhitungan matematis dengan pengujian langsung. Proses pengosongan pada tangki ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup> dari ketinggian tangki 15 cm menuju 7,5 cm. Sedangkan pada tangki air ukuran 10x10x20 cm<sup>3</sup> proses pengosongan dimulai dari ketinggian 15 cm, 12,5 cm, 10 cm, 7,5 cm, dan 5 cm menuju kondisi kosong. Hasil pengujian teoritis tangki air ditunjukkan dalam Tabel 5.12 serta pengujian melalui percobaan pada tangki air seperti terlihat dalam Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

**Tabel 5.12** Pengujian Teoritis Pengosongan Tangki Air

Pengujian Tangki Ukuran		p (m)	l (m)	A (m <sup>2</sup> )	H1 (m)	H2 (m)	Cd	a (m <sup>2</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	t (s)
15x10x20 cm <sup>3</sup>		0,15	0,1	0,015	0,15	0,075				24,665
10x10x20 cm <sup>3</sup>	Ke-1	0,1	0,1	0,01	0,05	0	0,62	0,00005024	9,81	32,413
	Ke-2				0,075					39,698
	Ke-3				0,1					45,839
	Ke-4				0,125					51,25
	Ke-5				0,15					56,141

➤ Perhitungan pada tangki ukuran 15x10x20 cm<sup>3</sup>

Dengan mendapatkan data fisik dan konstanta dari tangki sebagai berikut :

- Panjang tangki air (p) : 15 cm
- Lebar tangki air (l) : 10 cm
- Koefisien debit air (Cd) : 0,62
- Diameter lubang keluaran *orifice* : 0,8 cm
- Gaya gravitasi bumi (g) : 9,81

Untuk menghitung waktu pengosongan yang dibutuhkan tangki tersebut dari ketinggian 15 cm menuju 10 cm adalah sebagai berikut :

- Menghitung luas permukaan tangki air

$$A = p.l$$

$$A = 0,15(0,1)$$

$$A = 0,015m^2$$

- Menghitung luas lubang keluaran *orifice*

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(0,004)^2$$

$$a = 0,00005024m^2$$

- Menghitung waktu pengosongan tangki air dari H1 menuju H2

$$t = \frac{2A}{C_d a \sqrt{2g}} \left( H_1^{\frac{1}{2}} - H_2^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$t = \frac{2(0,015)}{0,62(0,00005024)\sqrt{2(9,81)}} \left( (0,15)^{\frac{1}{2}} - (0,075)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$t = 24,665 \text{sekon}$$

- Contoh perhitungan tangki ukuran 10x10x20 cm<sup>3</sup>

Dengan mendapatkan data fisik dan konstanta dari tangki sebagai berikut :

- Panjang tangki air (p) : 10 cm
- Lebar tangki air (l) : 10 cm
- Koefisien debit air (Cd) : 0,62
- Diameter lubang keluaran *orifice* : 0,8 cm
- Gaya gravitasi bumi (g) : 9,81

Untuk menghitung waktu pengosongan yang dibutuhkan tangki tersebut dari ketinggian 15 cm menuju 0 cm adalah sebagai berikut :

- Menghitung luas permukaan tangki air

$$A = p.l$$

$$A = 0,1(0,1)$$

$$A = 0,01m^2$$

- Menghitung luas lubang keluaran *orifice*

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(0,004)^2$$

$$a = 0,00005024m^2$$

- Menghitung waktu pengosongan tangki air dari H1 menuju H2

$$t = \frac{2A}{C_d a \sqrt{2g}} \left( H_1^{\frac{1}{2}} - H_2^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$t = \frac{2(0,01)}{0,62(0,00005024)\sqrt{2(9,81)}} \left( (0,15)^{\frac{1}{2}} - (0)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$t = 56,141 \text{sekon}$$

**Tabel 5.13** Pengujian Percobaan Pengosongan Tangki Air 15x10x20 cm<sup>3</sup>

Ke	p (m)	l (m)	A (m <sup>2</sup> )	H1 (m)	H2 (m)	Cd	a (m <sup>2</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	t (s)
1	0,15	0,1	0,015	0,15	0,075	0,62	0,00005024	9,81	25
2									24,1
3									24,4
4									24,2
5									24,1

**Tabel 5.14** Pengujian Percobaan Pengosongan Tangki Air 10x10x20 cm<sup>3</sup>

Ke	p (m)	l (m)	A (m <sup>2</sup> )	H1 (m)	H2 (m)	Cd	a (m <sup>2</sup> )	g (m/s <sup>2</sup> )	t (s)
1	0,1	0,1	0,01	0,05	0	0,62	0,00005024	9,81	33,4
2				0,075					40,6
3				0,1					46,3
4				0,125					51,7
5				0,15					56,3

Dari perbandingan data uji teoritis dan percobaan seperti terlihat dalam Tabel 5.12, Tabel 5.13, dan Tabel 5.14 memiliki nilai perbedaan waktu kurang dari 6 %, perbedaan ini bisa disebabkan kesalahan *human error* dan kesalahan *paralaks* pada alat. Hal ini karena saat proses pengukuran bidang yang digunakan untuk pijakan tangki memiliki kedataran yang buruk dan pada tangki juga memiliki bentuk yang kurang sempurna.