

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHAHAN

Pengambilan data hasil pengujian tugas akhir *prototype* sistem kendali kualitas air tambak udang dilakukan guna mengetahui kinerja dari masing-masing rangkaian sistem dan hasil secara keseluruhan. Hasil data diharapkan dapat berupa data yang valid dan alat dapat bekerja sesuai fungsi dan tujuannya.

A. Pengujian Fungsional

1. Pengujian Catu Daya

Hasil pengujian catu daya pada masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 15 .

Tabel 1. Hasil Pengujian Power Supply dan Modul Stepdown

Catu daya	Pengujian ke-	V-out (volt)	V-out terbaca (volt)	Selisih tegangan (volt)	Error (%)
Power supply 12V/5A	1	12	12.2	0.2	1.6
	2	12	12.2	0.2	1.6
	3	12	12.2	0.2	1.6
Step down 5V/3A	1	5	5	0	0
	2	5	5	0	0
	3	5	5	0	0

Pada pengujian catu daya dengan multimeter dilakukan sebanyak 3x pengujian. Rangkaian catu daya ini memiliki *error* yang dapat dilihat pada tabel 16.

2. Sensor Suhu

Hasil pengujian untuk sensor suhu DS18b20 dengan termometer dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Suhu dengan Termometer

No	DS18b20 (°C)	Termometer(°C)	Error (%)
1	29.15	29	0.51
2	30.36	30	1.2
3	31.25	31	0.8
4	32.33	32	1.03
5	33.05	33	0.15
Rata-rata error			0.74

Pada pengujian sensor suhu DS18b20 yang ditunjukan pada tabel 16 menunjukan bahwa sensor masih memiliki *error* jika dibandingkan dengan alat ukur termometer. Perhitungan persentase *error* pada saat sensor DS18b20 bernilai 29.15 °C dan Termometer bernilai 29°C.

$$\text{Error (\%)} = \frac{(\text{Nilai DS18b20}) - (\text{Nilai Termometer})}{\text{Nilai Termometer}} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{(29.15) - (29)}{29} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{0.15}{29} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = 0.51$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan uji coba sensor suhu DS18b20.

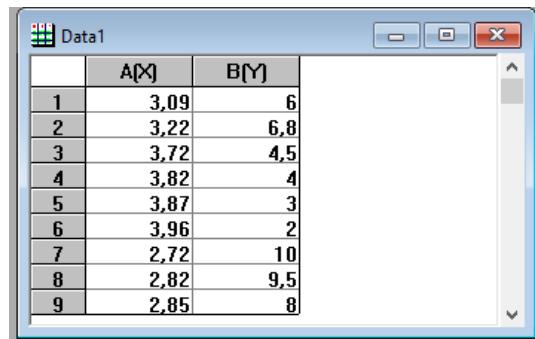
$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{3.69}{5}$$

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = 0.74 \%$$

3. Sensor pH Air

Pengujian kalibrasi sensor pH air dengan sensor pH meter dilakukan di laboratorium. Hasil kalibrasi sensor dapat dilihat pada gambar 19, 20, dan 21.

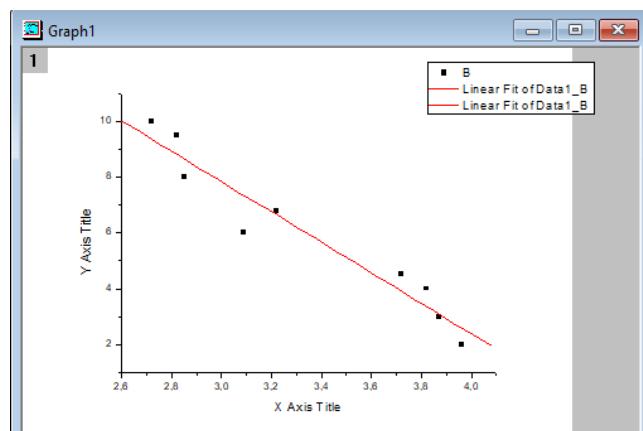


	A(X)	B(Y)
1	3,09	6
2	3,22	6,8
3	3,72	4,5
4	3,82	4
5	3,87	3
6	3,96	2
7	2,72	10
8	2,82	9,5
9	2,85	8

Keterangan:
A(X) = nilai tegangan
B(Y) = nilai pH meter

Gambar 1. Hasil pengukuran tegangan sensor dan nilai pH meter

Grafik hubungan tegangan dan konsentrasi pH beserta hasil analisis fit linear menggunakan aplikasi Origin dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 2. Grafik perbandingan linier nilai tegangan dan pH meter

Results Log		
Linear Regression for Data1_B:		
$Y = A + B * X$		
Parameter	Value	Error
A	24,20507	1,85537
B	-5,45546	0,54984
R	SD	N
		P

Gambar 3. Hasil Kalibrasi sensor PH-4520C dengan pH meter

Hasil kalibrasinya tegangan dan pH meter diperoleh $Y = 24,20507 + (-5,45546) X$. Hasil pengujian untuk sensor pH air dengan pH meter dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor pH Air dengan pH meter

No	PH-4520C (pH)	pH meter (pH)	Error (%)
1	6.70	6.97	3.87
2	3.18	3.36	5.36
3	3.03	3.05	0.66
4	10.05	10.07	0.20
5	10.22	10.24	0.20
Rata-rata error			2.06

Pada pengujian sensor PH-4520C yang ditunjukan pada tabel 17 diatas menunjukan bahwa sensor masih memiliki *error* jika dibandingkan dengan alat ukur pH meter. Perhitungan persentase *error* pada saat PH-4520C bernilai 6.70 dan pH meter bernilai 6.97 adalah sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{(Nilai PH-4520C)} - \text{(Nilai pH meter)}}{\text{Nilai pH meter}} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{(6.70) - (6.97)}{6.97} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{-0.27}{6.97} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.0387 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 3.87$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan uji coba sensor PH-4520C sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{10.28}{5}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = 2.06 \%$$

4. Sensor Salinitas

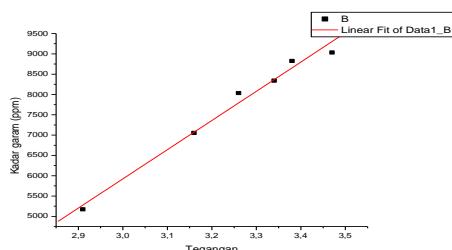
Pengujian kalibrasi sensor salinitas dengan sensor salinometer dilakukan di laboratorium. Hasil kalibrasi sensor dapat dilihat pada gambar 22, 23, dan 24.

	A(X)	B(Y)
1	2,91	149
2	3,16	5173
3	3,26	7055
4	3,34	8036
5	3,38	8340
6	3,47	8827
7		
8		
9		

Keterangan:
A(X) = nilai tegangan
B(Y) = nilai TDS meter

Gambar 4. Hasil pengukuran tegangan sensor dan nilai TDS meter

Grafik hubungan tegangan dan kadar garam beserta hasil analisis fit linear menggunakan aplikasi Origin dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 5. Grafik hasil kalibrasi nilai tegangan sensor dengan TDS

$y = A + B * x$			
Parameter	Value	Error	
A	-15642,37268	1526,50059	
B	7188,43422	468,48467	
R	SD	N	P
0,99161	208,00579	6	1,05244E-4

Gambar 6. Hasil Kalibrasi sensor Salinitas dengan TDS meter

Hasil kalibrasinya tegangan dan TDS meter diperoleh $Y = (-15642,37268) + 7188,43422 X$. Hasil pengujian untuk sensor salinitas dengan salinometer dapat dilihat pada tabel 18.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Salinitas dengan Salinometer.

No	Sensor Salinitas (ppt)	Salinometer (ppt)	Error (%)
1	3.85	3.78	1.85
2	5.23	5.14	1.75
3	5.52	5.89	6.28
4	6.62	6.61	0.15
5	6.70	7.28	7.97
Rata-rata error			3.60

Pada pengujian sensor salinitas yang ditunjukan pada tabel 18 diatas menunjukan bahwa sensor masih memiliki *error* jika dibandingkan dengan alat ukur salinometer. Perhitungan persentase *error* pada saat sensor salinitas bernilai 6.62 dan salinometer bernilai 6.617 adalah sebagai berikut:

$$Error (\%) = \frac{(Nilai\ sensor\ salinitas) - (Nilai\ salinometer)}{Nilai\ salinometer} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(3.85) - (3.78)}{3.78} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{0.07}{3.78} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.0185 \times 100\%$$

$$Error (\%) = 1.85$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan uji coba sensor salinitas sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{18}{5}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = 3.60 \%$$

5. Pompa Air DC dan relay

Tabel 5. Hasil pengujian relay dan pompa air DC untuk cairan pH up

No	Sinyal input	Kondisi relay	Kondisi pompa air DC
1	High	ON	Terbuka
2	Low	OFF	Tertutup
3	High	ON	Terbuka
4	Low	OFF	Tertutup

Tabel 6. Rencana pengujian relay dan pompa air DC untuk cairan pH down

No	Sinyal input	Kondisi relay	Kondisi pompa air DC
1	High	ON	Terbuka
2	Low	OFF	Tertutup
3	High	ON	Terbuka
4	Low	OFF	Tertutup

Hasil pengujian pompa air DC dan relay dapat dilihat pada tabel 19 dan 20. Pada pengujian pompa air DC dan relay ini, relay dan pompa air DC dapat bekerja sesuai fungsinya seperti dapat dilihat pada tabel 19 dan 20.

6. RTC

Tabel 7. Hasil pengujian RTC

No	Waktu Laptop	Waktu RTC
1	21:43	21:44
2	21:46	21:47
3	21:48	21:49
4	21:52	21:53
5	21:56	21:57

Tabel 21 merupakan hasil pengujian RTC dengan

membandingkan waktu yang ditampilkan pada LCD dengan waktu sebenarnya dan didapatkan perbedaan selama 1 menit.

B. Pengujian Unjuk Kerja

Tabel 8. Pengujian unjuk kerja alat bagian monitoring

NO	Percobaan	Percobaan ke-	Buzzer	LCD
1	Sensor suhu air (°C)	1	OFF	29
		2	OFF	30
		3	ON	35
2	Sensor pH air (pH)	1	ON	3.03
		2	OFF	7.03
		3	ON	10.05
3	Sensor salinitas air (ppt)	1	OFF	23
		2	OFF	25
		3	ON	5

Tabel 22 merupakan hasil pengujian unjuk kerja alat bagian monitoring. Sedangkan tabel 23 merupakan hasil pengujian unjuk kerja alat bagian pengendalian. Pada pengujian unjuk kerja alat bagian monitoring dilakukan percobaan sebanyak 3 kali untuk masing-masing sensor. Jika nilai sensor terbaca melebihi atau kurang dari nilai kriteria kualitas air baik bagi

tambak udang maka buzzer akan aktif. Dapat dilihat dari tabel 22 hasil uji unjuk kerja bekerja sesuai yang diharapkan.

Tabel 9. Pengujian unjuk kerja alat bagian pengendalian

No	Cairan pH	Percobaan ke-	pH terbaca	Keadaan pompa 1	Keadaan pompa 2
1	<i>pH up</i>	1	3.18	Terbuka	Tertutup
		2	10.05	Tertutup	Terbuka
2	<i>pH down</i>	1	3.03	Tertutup	Terbuka
		2	10.22	Terbuka	Tertutup

Pada pengujian unjuk kerja alat bagian pengendalian dilakukan sebanyak 2 kali untuk masing-masing pensuply cairan pH. Jika nilai pH lebih rendah dari kriteria pH baik untuk udang maka pompa akan menyemprotkan cairan *pH up*. Sebaliknya, jika nilai pH tinggi maka pompa akan menyemprotkan cairan *pH down*. Dapat dilihat dari tabel 23 hasil uji unjuk kerja alat bekerja sesuai yang diharapkan.

C. Pembahasan

Berdasarkan tahapan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dirancang bekerja sebagaimana mestinya, meskipun terdapat *error* di beberapa rangkaian sensor antara lain:

1. Power supply

Pada pengukuran alat ini, power supply dan stepdown dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Tegangan output yang

terbaca sesuai dengan kebutuhan walaupun terdapat selisih tegangan antara output yang terbaca dengan tegangan output datasheet. Power supply dan stepdown ini memenuhi tegangan kerja pompa air DC yaitu sebesar 12V dan mikrokontroller Arduino Nano sebesar 5V.

2. Sensor Suhu

Sensor suhu air DS18b20 dapat bekerja dengan normal. Pada saat sensor ini dicelupkan ke dalam air maka nilai keluarannya kurang lebih sama dengan alat ukur termometer sebagai pembandingnya. Sensor ini memiliki rata-rata error 0.74% dari 5 kali percobaan.

3. Sensor pH

Pengujian kalibrasi sensor pH-4520C dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan dengan nilai yang terukur pada pH meter. Dari hasil pengujian sensor pH air PH-4520C dapat dilihat hasil pembacaan pHnya kurang lebih sama dengan alat ukur pH meter sebagai pembandingnya. Berdasarkan hasil pengujinya, sensor pH air PH-4520C memiliki rata-rata error 2.06 dari 5 kali percobaan. Sensor ini secara umum dapat bekerja dengan normal.

4. Sensor Salinitas

Sensor salinitas secara umum dapat bekerja dengan normal. Pada saat sensor ini dicelupkan ke dalam air maka nilai keluarannya kurang lebih sama dengan alat ukur salinometer dan nilai keluarannya akan berubah sesuai dengan keadaan air. Sensor ini memiliki rata-rata error 3.60 dari 5 kali percobaan.

5. Pompa Air DC dan Relay

Pompa air dapat bekerja dengan baik dan normal sesuai dengan yang diharapkan. Ketika relay mendapat sinyal HIGH dari mikrokontroler, pompa air mendapat sinyal tegangan 12 volt dari power supply maka pompa akan aktif dan menyemprotkan cairan pH. Sedangkan ketika relay mendapat sinyal LOW maka pompa air akan tertutup atau tidak aktif karena tidak mendapat tegangan 12 volt. Berdasarkan hasil pengujian ini maka pompa dan relay dapat berfungsi dengan baik.

6. RTC

RTC dapat bekerja dengan baik dan normal sesuai dengan yang diharapkan. RTC dapat mengirimkan data waktu yang cukup akurat ke mikrokontroler.

D. Unjuk Kerja

Pengujian dilakukan pada volume akuarium 96.000cm³ dengan dua bagian pengujian. Pengujian pertama adalah bagian monitoring dan untuk pengujian kedua adalah bagian pengendalian. Pada pengujian pertama sensor suhu, pH dan salinitas air akan membaca nilai dari kualitas air yang terdapat pada akuarium. Jika kualitas air buruk atau tidak sesuai dengan kriteria air baik untuk pertumbuhan udang maka *buzzer* akan aktif.

Pengukuran untuk pengujian masing-masing sensor dilakukan sebanyak lima kali. Dari hasil tersebut didapatkan rata-rata *error* untuk sensor suhu air, sensor pH air dan sensor salinitas berturut-turut adalah 0.74%, 2.06%, dan 3.60%. Ketiga nilai *error* tersebut kurang dari 10%.

Menurut John R. Taylor (1997) pengukuran dengan nilai *error* kurang dari 10% akan dianggap sebagai keberhasilan pengujian.

Pada pengujian kedua untuk pengendalian pH air, jika proses monitoring pH air buruk atau tidak memenuhi kriteria air baik untuk udang maka pompa air akan menyemprotkan cairan *pH up* ataupun *pH down* ke akuarium. Cairan *pH up* akan disemprotkan ketika nilai pH air <6.5. Sedangkan cairan *pH down* akan disempotkan ketika nilai pH air >8. Lama waktu penyemprotan cairan pH masing-masing adalah 2 detik dan mengeluarkan cairan sebanyak kurang lebih 10 ml.

Cairan *pH up* yang digunakan pada pengujian memiliki pH 11 sedangkan *pH down* memiliki pH 3. Pengujian dilakukan di akuarium dengan pH 6 yang dikatakan buruk, untuk mengatasinya dibutuhkan cairan *pH up* sebanyak 0.0864 L agar pH menjadi 7 yang diperoleh dari perolehan dari perhitungan berikut:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K = [H_2O] = [H^+][OH^-]$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = 10^{-6} M$$

$$\text{Jumlah mol } H^+ = 10^{-6} \frac{mol}{L} \times 96 L$$

$$= 96 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

Jumlah mol *H⁺* pada pH 7

$$[H^+] = 10^{-7}$$

$$\text{Jumlah mol } H^+ = 10^{-7} \times (96 + V)$$

$$= 96 \times 10^{-7} + 10^{-7} V$$

Keterangan :
K = tetapan kesetimbangan air
[H⁺] = molaritas ion H⁺
[OH⁻] = molaritas ion OH⁻

Jumlah mol H⁺ pada pH 11

$$[\text{H}^+] [\text{OH}^-] = K_w$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3}$$

$$\text{mol OH}^- = 10^{-3} \text{ V}$$

mol yang bereaksi dengan [OH⁻]

$$\text{mol pH 6} - \text{mol pH 7}$$

$$96 \times 10^{-6} \text{ mol} - (96 \times 10^{-7} + 10^{-7} \text{ V}) \text{ mol} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$0.0000864 = 10^{-3} \text{ V}$$

$$V = \frac{0.0000864}{10^{-3}}$$

$$V = 0.0864 \text{ L}$$

Tambak udang biasanya memiliki luas 200 m³. Jika sebuah tambak memiliki pH 6 yang dikatakan buruk maka untuk mengatasinya dibutuhkan cairan pH up sebanyak 180 L agar pH menjadi 7 yang diperoleh dari perbandingan hasil pengujian akuarium dan volume tambak sebenarnya sebagai berikut:

$$\frac{V_{\text{akuarium}}}{V_{\text{tambak}}} = \frac{96}{200.000} = \frac{3}{6250}$$

$$\frac{0.0864}{V_{\text{tambak}}} = \frac{3}{6250}$$

$$V_{\text{tambak}} = \frac{0.0864 \times 6250}{3}$$

$$V_{\text{tambak}} = 180 \text{ L}$$

Perbandingan antara volume cairan pH up tambak dengan pH up akuarium untuk memiliki perubahan pH sebanyak 1 adalah 180 L:0.0864 L

(Crys, 2009) . Hasil perhitungan tersebut sesuai dengan hasil perhitungan dibawah ini

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K = [H_2O] = [H^+][OH^-]$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = 10^{-6} M$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol H}^+ &= 10^{-6} \frac{\text{mol}}{L} \times 200.000 L \\ &= 0.2 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah mol H}^+ \text{ pada pH 7}$$

$$[H^+] = 10^{-7}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol H}^+ &= 10^{-7} \times (200.000 + V) \\ &= 2 \times 10^{-2} + 10^{-7} V \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah mol H}^+ \text{ pada pH 11}$$

$$[H^+] [OH^-] = K_w$$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11}$$

$$[OH^-] = 10^{-3}$$

$$\text{mol OH}^- = 10^{-3} V$$

$$\text{mol yang bereaksi dengan } [OH^-]$$

$$\text{mol pH 6} - \text{mol pH 7}$$

$$0.2 \text{ mol} - (0.02 + 10^{-7} V) \text{ mol}$$

$$0.18 - 10^{-7} V \text{ mol} = 10^{-3} V \text{ mol}$$

$$10^{-3} V = 0.18$$

$$V = \frac{0.18}{10^{-3}}$$

$$V = 0.18 \times 1000$$

$$V = 180 \text{ L}$$

Keterangan :

K = tetapan kesetimbangan air

$[H^+]$ = molaritas ion H^+

$[OH^-]$ = molaritas ion OH^-

Tabel 10. Perhitungan volume pH air pada akuarium

Keadaan pH awal akuarium dengan Volume 96 L	Cairan pH up dengan pH 11	Cairan pH down dengan pH 3	Keadan pH akuarium setelah diberi cairan pH
6	0.0864 L	-	7
8.5	-	0.0432 L	8
5.5	0.1296 L	-	7

Tabel 11. Perhitungan volume pH air pada tambak

Keadaan pH awal tambak dengan Volume 200.000 L	Cairan pH up dengan pH 11	Cairan pH down dengan pH 3	Keadan pH tambak setelah diberi cairan pH
6	180 L	-	7
8.5	-	90 L	8
5.5	270 L	-	7

Tabel 24 merupakan perhitungan volume pH air pada akuarium
sedangkan tabel 25 merupakan perhitungan volume pH air pada tambak.