

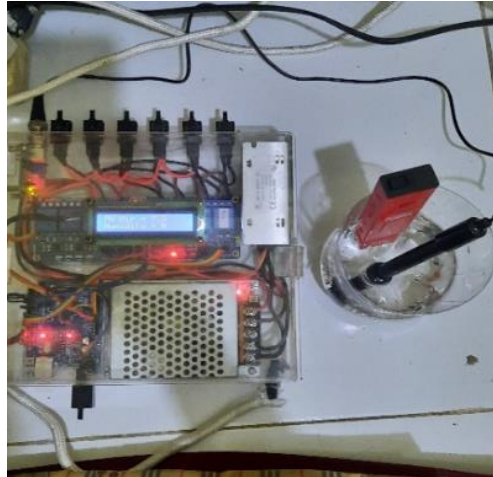
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian *Hardware*

Perancangan alat dengan menggunakan sistem kendali dengan parameter pH dan kelembapan pada sistem akuaponik. Dalam perancangan alat ini dilakukan pengujian alat yang telah di hubungkan satu sama lain dan digunakan kotak akrilik transparan, pada alat ini menggunakan mikrokontroler arduino uno yang bertujuan menjalankan sistem yang telah disimpan program yang telah disusun sbelumnya didalamnya, lalu *relay* berfungsi sebagai saklar *on* dan *off* terhadap tegangan yang disalurkan ke *aktuator*, dan *power supply* berfungsi untuk membarikan tegangan pada alat. Pada alat ini digunakan dua buah sensor untuk mengukur parameter yang telah ditentukan yaitu pH dan kelembapan, untuk mengukur parameter pH digunakan sensor pH 4502C dan pada parameter kelembapan digunakan sensor DHT22, data yang terbaca pada kedua buah sensor akan ditampilkan pada LCD yang terdapat pada rangkaian alat. Perangkat keras yang dirakit digunakan untuk mencapai nilai *set point* dengan bantuan aktuator untuk mencapai untuk parameter yang telah ditentukan sebelumnya untuk diteliti sesuai atau tidaknya suatu sistem pada akuaponik.

4.1.1 Pengujian sensor pH 4502C

Pengujian sensor dilakukan dengan cara melakukan kalibrasi sensor pH agar dapat membandingkan pengukuran yang didapatkan dengan pH meter pH-009 digital yang memiliki, *range* ukur pH sebesar 0,0 s.d. 14,0, Tingkat ketelitian 0.1, mampu beroperasi pada suhu 0 s.d. 50°C. Dimensi pH meter 1,5cm x 2,9cm x 1,5cm, berfungsi sebagai pembaca data pH pada air. Pegujian pertama dilakukan dengan menuangkan 240ml air serta menambahkan pH *buffer powder* dengan 2 buah nilai yang berbeda agar pH pada air tersebut sesuai dengan besarnya pH pada *buffer* tersebut. pH *buffer* yang digunakan adalah untuk pH sebesar 4,01 dan 6,86. Seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian sensor pH

Pada pengujian sensor pH dengan pH meter dilakukan dengan 2 jenis *buffer*, yaitu buffer pH 6,86 dan buffer pH 4,01 yang dimasukan ke dalam air akuades selama 30 menit, dan ada perbedaan hasil pengukuran antara sensor pH dan pH meter pH-009 sebesar 0,06%. hasil dari pengukuran pH 7 dan 4 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan pH 6,86 antara sensor pH 4502C dan pH meter pH-009

Waktu (menit)	Sensor pH	pH meter	Error (%)
1	7,1	7,0	0,01
2	6,9	7,0	0,01
3	6,9	6,9	0
4	7,2	7,0	0,28
5	7,1	7,0	0,01
6	6,9	6,9	0
7	7,0	7,0	0
8	6,8	7,0	0,28
9	7,1	7,0	0,01
10	7,0	7,0	0
11	6,9	7,0	0,01
12	7,0	6,9	0,01
13	7,0	7,0	0
14	7,0	7,1	0,01
15	7,1	6,9	0,28
16	6,9	7,0	0,01

Waktu (menit)	Sensor pH	pH meter	Error (%)
17	7,0	7,0	0
18	7,0	6,9	0,01
19	6,9	6,9	0
20	7,1	6,9	0,28
21	7,0	7,1	0,01
22	6,9	7,1	0,28
23	6,9	7,0	0,01
24	7,0	7,0	0
25	7,0	6,9	0,01
26	7,1	6,9	0,28
27	6,9	7,0	0,01
28	6,8	6,9	0,01
29	7,1	7,0	0,01
30	7,0	7,1	0,01
Rata error			0,061

Pengujian pada pH buffer 4,01 dengan pengukuran menggunakan sensor pH dan pH meter pH-009 dengan ada selisih yang tidak terlalu jauh hasilnya yaitu 0,032%, hal tersebut dipengaruhi dengan adanya kalibrasi sensor yang dilakukan sebelum mengambil sampel data.

Tabel 4.2 Perbandingan pH 4,01 antara sensor pH dan pH meter pH-009

Waktu (menit)	Sensor pH	pH meter	Error (%)
1	4,0	4,0	0
2	4,0	4,0	0
3	3,9	4,0	0,33
4	3,8	3,9	0,33
5	3,9	4,0	0,33
6	4,1	4,1	0
7	4,0	4,0	0
8	4,0	4,0	0
9	4,1	4,0	0,33
10	3,9	4,1	0,66
11	3,9	4,0	0,33
12	4,1	4,0	0,33
13	3,8	3,9	0,33

Waktu (menit)	Sensor pH	pH meter	Error (%)
14	4,0	4,0	0
15	4,1	4,0	0,33
16	3,9	4,1	0,66
17	3,8	3,9	0,33
18	4,0	4,0	0
19	4,1	4,1	0
20	4,0	4,0	0
21	3,9	4,0	0,33
22	4,1	4,0	0,33
23	4,0	4,0	0
24	3,9	4,1	0,66
25	3,8	4,0	0,66
26	4,0	4,0	0
27	4,1	3,9	0,66
28	4,0	4,0	0
29	3,9	4,0	0,33
30	3,8	3,9	0,33
Rata error			0,253

4.1.2 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada suhu ruang biasa pin GND, 5V, dan pin digital 6 pada *mikrokontroler*, hasil dari pengukuran sensor DHT22 akan dibandingkan dengan menggunakan *hygrometer ThermoPro TP50* digital untuk membaca nilai dari kelembapan udara dalam keadaan suhu ruangan 30°C. Seperti Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian sensor DHT22

Pada pengukuran pertama dilakukan dengan keadaan dalam ruangan, pengukuran dilakukan selama 30 menit dengan 30 data perbandingan dengan hygrometer. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan sensor DHT22 dan Hygrometer ThermoPro TP50

Waktu (menit)	Sensor DHT22 (%)	Hygrometer (%)	Error (%)
1	47	47	0
2	48	47	0
3	48	49	3,3
4	48	48	0
5	49	49	0
6	47	47	0
7	48	48	0
8	47	48	3,3
9	47	47	0
10	48	48	0
11	49	47	6,6
12	47	47	0
13	48	48	0
14	48	49	3,3
15	49	48	3,3
16	48	47	3,3
17	47	47	0
18	49	48	3,3
19	49	48	3,3
20	48	49	3,3
21	49	49	0
22	49	47	6,6
23	48	47	3,3
24	47	47	0
25	47	48	6,6
26	48	48	0
27	48	49	3,3
28	47	47	0
29	48	47	3,3
30	48	48	0
Rata error			1,87

4.1.3 Pengujian LCD dan I2C

Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*) dilakukan dengan cara menghubungkan module I2C dari lcd ke pin digital SCL, SDA, GND, dan pin digital 13 pada mikrokontroler, modul I2C ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan pin pada mikrokontroler.



Gambar 4.3 Pengujian LCD

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat hasil dari pengujian LCD. Pengujian LCD dilakukan untuk mengetahui hasil penampil data atau program yang telah di transfer ke mikrokontroler telah sesuai dengan tampilan yang dihasilkan LCD

4.1.4 Pengujian Relay dengan Pompa Air

Pengujian pompa air yang terhubung dengan *relay* pada penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan *relay* pada pin 10, pin 9, pin 8 pada mikrokontroler, dan dengan *input* tegangan 220V AC yang berasal dari *power supply*. Pada pin digital 10 terhubung dengan pompa basa yang berfungsi menaikkan pH air. Sedangkan pada pin digital 9 terhubung pompa asam yang berfungsi menurunkan pH air. Dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengujian pompa air

Pada Gambar 4.4 pompa air yang terhubung ke pin 8 adalah pompa yang berfungsi menyalakan *sprayer*. cara kerja pompa air tersebut akan disesuaikan dengan nilai *set point* yang telah ditentukan yaitu bernilai 6, apabila kondisi pH air dibawah *set point* yang telah ditentukan maka pompa basa akan dalam kondisi *ON* hingga mencapai pH yang diharapkan, dan apabila kondisi pH air berada diatas *set point*, maka pompa asam akan dalam posisi *ON* hingga mencapai nilai pH sesuai *set point*. Pada pompa yang terhubung dengan *sprayer* akan bekerja sesuai *set point* dari kelembapan. Pompa akan menyala apabila kondisi kelembapan dari *green house* dibawah nilai *set point* maka *sprayer* akan tetap pada posisi *OFF*.

4.1.5 Pengujian *Relay* dengan Kipas DC

Pada pengujian kipas DC dengan *relay* yang terhubung pada pin digital 3 dan 4 pada mikrokontroler. Pin digital 3 terhubung dengan *relay* yang mengoperasikan kipas yang mengatur keluarnya udara pada *green house*, sedangkan pada pin digital 4 terhubung dengan *relay* yang mengoperasikan kipas yang mengatur masuknya udara ke dalam *green house*. Hasil dari pengujian kipas pada *green house* dapat dilihat pada Gambar 4.5.

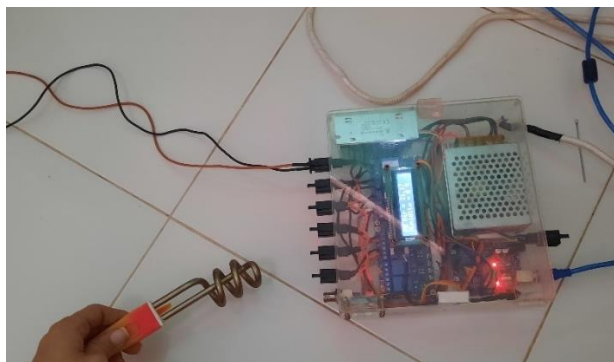


Gambar 4.5 Pengujian Kipas DC

Pengujian pada Gambar 4.5 ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal *low* pada *relay* ketika *output* menunjukkan kelembapan bernilai diatas *set point*, maka kipas yang mengatur udara masuk akan menyala hingga *set point* yang ditentukan. Apabila kondisi *green house* memiliki nilai kelembapan di atas nilai *set point*, maka kipas yang membawa udara keluar dari dalam *green house* akan menyala hingga mencapai nilai *set point* yang diharapkan.

4.1.6 Pengujian *Relay* dengan *Heater*

Pada pengujian *heater* dengan *relay* yang terhubung pada pin digital 11 pada *mikrokontroler* dan dengan sumber listrik 220V AC yang berasal dari *power supply* yang terhubung dengan NC dan COM pada *relay* dihubungkan dengan *load Voltage ground AC*. Seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Pengujian heater

Pada Gambar 4.6 dilakukan pengujian pada *heater* dilakukan dengan memberikan sinyal *low* pada relay ketika *output* menunjukkan suhu dibawah nilai *set point* yang telah ditentukan dan relay akan berubah menjadi NO sehingga akan memerintahkan heater untuk menyala. *Heater* ini menggunakan tegangan 300 watt.

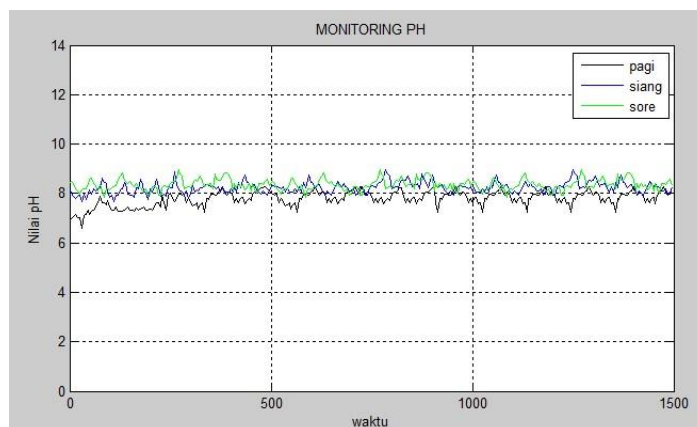
4.2 Pengujian Monitoring

Pada pengujian monitoring terhadap pH dan kelembapan dilakukan untuk mengetahui keadaan awal dari *plant* akuaponik saat sebelum adanya kendali yang diberikan untuk mengatur nilai keadaan dari pH dan suhu dengan menggunakan control PID. Pada pengambilan data untuk pengujian dalam sehari dilakukan sebanyak 3 waktu berbeda pada pagi hari pada pukul 08.00 s.d. 09.00WIB, pada siang hari pukul 13.30 s.d. 14.30WIB, pada sore hari pukul 17.00 s.d. 18.00WIB. Data yang diambil pada monitoring pH dan kelembapan ini selama 5 menit pada setiap waktu pengambilan datanya dan akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang memuat ketiga data yang telah diambil pada waktu yang berbeda

a. Pengujian monitoring pH

Pengujian monitoring pH dilakukan untuk mengetahui keadaan pH pada air yang menjadi media ikan mas dan tumbuhan kangkung pada akuaponik. Pengujian

pada pH dengan menggunakan sistem PID pada akuaponik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kangkung dan ikan mas dikarenakan pH yang tidak stabil seperti pada Gambar 4.7.

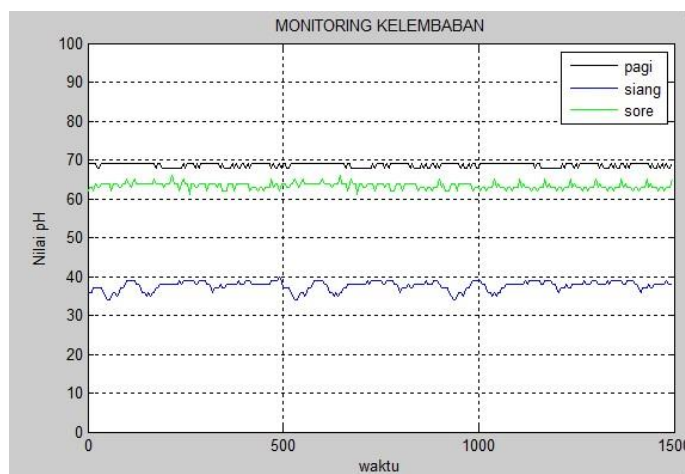


Gambar 4.7 Monitoring pH

Pada Gambar 4.7 hasil grafik monitoring yang telah dilakukan, dapat dilihat hasil pembacaan sensor yang berbeda ketika diambil 3 waktu yang berbeda, hal tersebut terjadi karena pada *plant* akuaponik yang digunakan ketika penelitian tidak seluruhnya tertutup, pada bagian kolam ikan yang digunakan tidak tertutup sehingga hasil yang didapatkan pada pembacaan sensor pH berbeda karena adanya kontaminasi dari lingkungan luar yang mempengaruhi pH, seperti suhu, debu, dan benda asing yang masuk ke dalam air pada kolam.

b. Pengujian Monitoring kelembapan

Pengujian kelembapan pada sistem akuaponik tidak banyak adanya perubahan berupa kenaikan atau penurunan kelembapan dikarenakan pada sistem akuaponik tertutup dan adanya pengaruh suhu. Waktu yang digunakan untuk mengambil data monitoring kelembapan di pagi hari pada pukul 09.30 s.d. 10.30, siang hari pada pukul 12.30 s.d. 13.30, sore hari pada pukul 16.00 s.d. 17.00. Pengambilan data dilakukan 3 waktu dikarenakan untuk melihat berbagai pengaruh pada 3 waktu tersebut terhadap kelembapan. Dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Monitoring Kelembapan

Pada Gambar 4.8 grafik menunjukkan bahwa kelembapan yang terjadi pada siang hari sangat rendah dikarenakan suhu yang cukup tinggi pada siang hari sehingga mempengaruhi banyaknya jumlah molekul air yang terdapat pada udara dan didapatkan kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT22 sebesar 34% s.d. 40%, sedangkan pada sore dan pagi hari dengan suhu yang lebih rendah mendapatkan hasil kelembapan yang terbaca oleh sensor pada kisaran 68% s.d.70%.

4.3 Bump test parameter PID pada Matlab

Pada penelitian dengan menggunakan sistem kendali PID dengan 2 parameter pH dan kelembapan menggunakan kendali PID, maka untuk mendapatkan parameter kendali yang diinginkan diperlukan pengujian *bump test software* Matlab untuk melakukan *bump test* untuk nilai K_p , K_i , dan K_d , yang bertujuan untuk mendapatkan kendali PID yang tepat untuk digunakan pada penelitian ini. Untuk mencari hasil *bump test* digunakan *software* matlab dengan menggunakan *listing code bump test* dengan bahasa c++ pada pH dan kelembapan, sehingga mendapatkan nilai PID yang sesuai dengan sistem yang digunakan. Langkah melakukan *bump test* PID adalah dengan menggunakan data hasil pembacaan dari sensor pH dan Kelembapan. Listing code bump test dapat dilihat pada lampiran B halaman B-1.

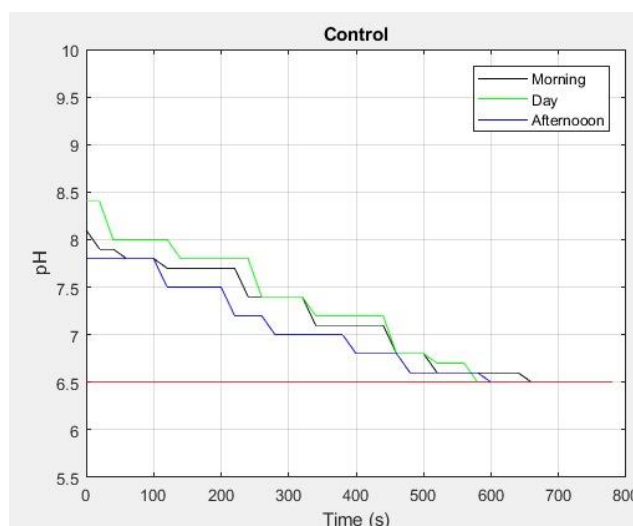
4.4 Pengujian sistem kendali PID pada pH dan kelembapan

Pada pengujian sistem kendali dilakukan pengujian terhadap 2 parameter, yaitu pH dan kelembapan. Pengujian sistem kendali ini dilakukan selama 30 hari dengan

pembagian waktu pengujian pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian sistem kendali untuk pagi hari dimulai hari pada pukul 08.00 sampai 09.00WIB, pada siang hari pukul 13.30 sampai 14.30WIB, pada sore hari pukul 17.00 sampai 18.00WIB. Pada pengujian sistem kendali pH dan kelembapan ini data yang diambil selama pengujian dilakukan selama 13 menit atau 780 detik yang akan ditampilkan dalam grafik pada setiap hasil pengujian sistem kendali per pekan.

4.4.1 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan pertama

Sistem kendali dengan menggunakan metode PID pada kolam akuaponik. Pada pengujian pekan pertama diberikan *set point* pada pH sebesar 6.5 seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Gambar pengujian pekan pertama

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan pH sebesar 8,1, untuk siang hari sebesar 8,4 dan sore hari sebesar 7,8. Nilai pH yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan pH yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar dan kontaminasi benda asing dari luar lingkungan kolam akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan pH dapat berubah-ubah mengikuti dari kontaminasi benda pada lingkungan yang terjadi pada *plant* akuaponik akan tetapi perubahan nilai pH ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan.

Hasil dari pengujian data yang dijelaskan dalam bentuk grafik, maka akan diubah ke dalam bentuk tabel agar dapat dengan mudah dibaca dengan keterangan angka seperti pada Tabel 4.4.

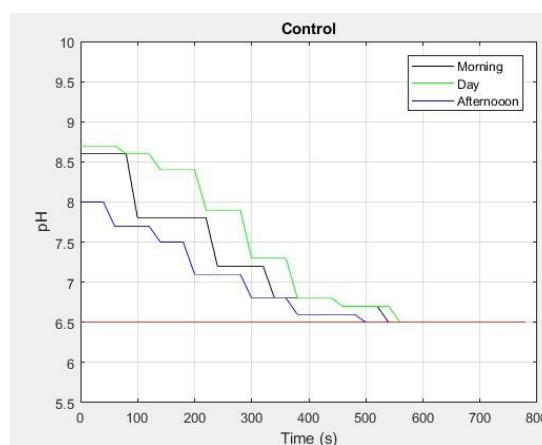
Tabel 4. 4 Tabel data pH pekan pertama.

Kendali	Waktu	Set point PH	PH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	6,5	8,1	249	498	0	24,6	0
	Siang	6,5	8,4	265,75	531,50	0	29,23	0
	Sore	6,5	7,8	184,16	368,33	0	20	0

Berdasarkan grafik pengujian parameter pH pada pekan pertama didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 500 detik dan pada siang hari selama 487,50 detik dan pada sore hari selama 114,16 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

4.4.2 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan kedua

Sistem kendali dengan menggunakan metode PID pada kolam akuaponik. Pada pengujian pekan kedua diberikan *set point* pada pH sebesar 6,5 seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Gambar pengujian pH pekan kedua.

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan pH sebesar 8,6, untuk

siang hari sebesar 8,7 dan sore hari sebesar 8. Nilai pH yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan pH yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar dan kontaminasi benda asing dari luar lingkungan kolam akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan pH dapat berubah-ubah mengikuti dari kontaminasi benda pada lingkungan yang terjadi pada *plant* akuaponik akan tetapi perubahan nilai pH ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan.

Hasil dari pengujian data yang dijelaskan dalam bentuk grafik, maka akan diubah ke dalam bentuk tabel agar dapat dengan mudah dibaca dengan keterangan angka seperti pada Tabel 4.5.

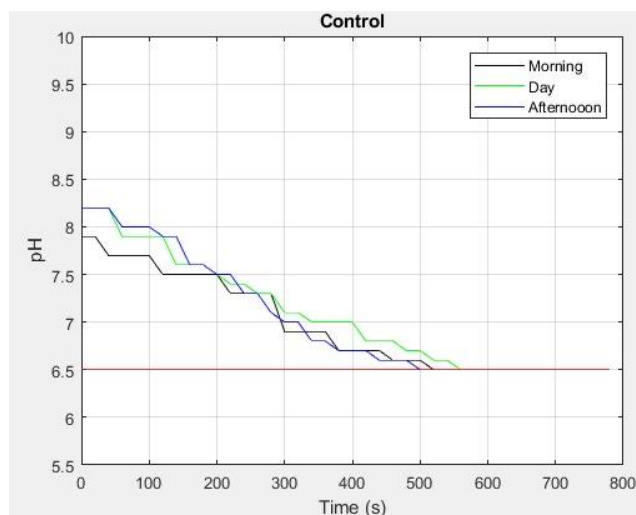
Tabel 4.5 Tabel data pH pekan kedua.

Kendali	Waktu	<i>Set point</i> PH	PH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	6,5	8,6	187,87	372,75	0	32,30	0
	Siang	6,5	8,7	162	324	0	33,84	0
	Sore	6,5	8	162,5	325	0	23,07	0

Bedasarkan grafik pengujian parameter pH pada pekan kedua didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 314,62 detik dan pada siang hari selama 502,22 detik dan pada sore hari selama 434,29 detik . Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

4.4.3 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan ketiga

Sistem kendali dengan menggunakan metode PID pada kolam akuaponik. Pada pengujian pekan ketiga diberikan *set point* pada pH sebesar 6.5 seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Gambar pengujian pH pekan ketiga

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.11 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan pH sebesar 7,9, untuk siang hari sebesar 8,7 dan sore hari sebesar 8,2. Nilai pH yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan pH yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar dan kontaminasi benda asing dari luar lingkungan kolam akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan pH dapat berubah-ubah mengikuti dari kontaminasi benda pada lingkungan yang terjadi pada *plant* akuaponik akan tetapi perubahan nilai pH ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Tabel data pH pekan ketiga.

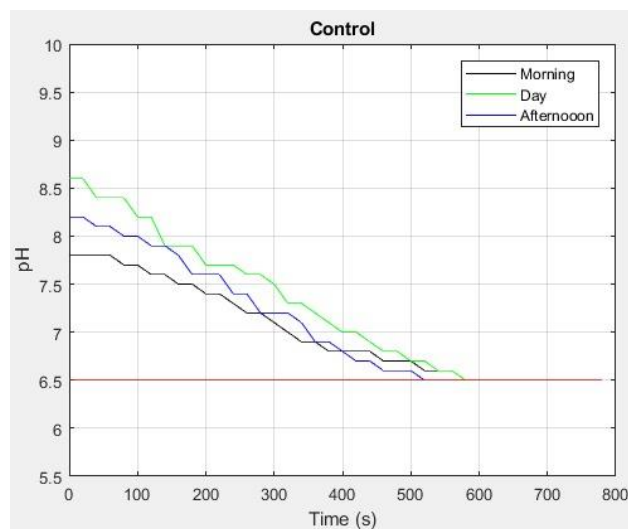
Kendali	Waktu	<i>Set point</i> PH	PH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	6.5	7,9	214	418	0	21,53	0
	Siang	6.5	8,3	227,33	454,66	0	26,15	0
	Sore	6.5	8,3	184,5	369	0	26,15	0

Bedasarkan hasil dari grafik yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Pengujian parameter pH pada pekan ketiga didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 418 detik dan pada siang hari selama 454,66 detik dan pada sore hari selama 369 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon

kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali.

4.4.4 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan keempat

Sistem kendali dengan menggunakan metode PID pada kolam akuaponik. Pada pengujian pekan keempat diberikan *set point* pada pH sebesar 6,5 seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Gambar pengujian pH pekan keempat

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.12 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan pH sebesar 7,8, untuk siang hari sebesar 8,6 dan sore hari sebesar 8,2. Nilai pH yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan pH yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar dan kontaminasi benda asing dari luar lingkungan kolam akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan pH dapat berubah-ubah mengikuti dari kontaminasi benda pada lingkungan yang terjadi pada *plant* akuaponik akan tetapi perubahan nilai pH ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan.

Hasil dari pengujian data yang dijelaskan dalam bentuk grafik, maka akan diubah ke dalam bentuk tabel agar dapat dengan mudah dibaca dengan keterangan angka seperti pada Tabel 4.7.

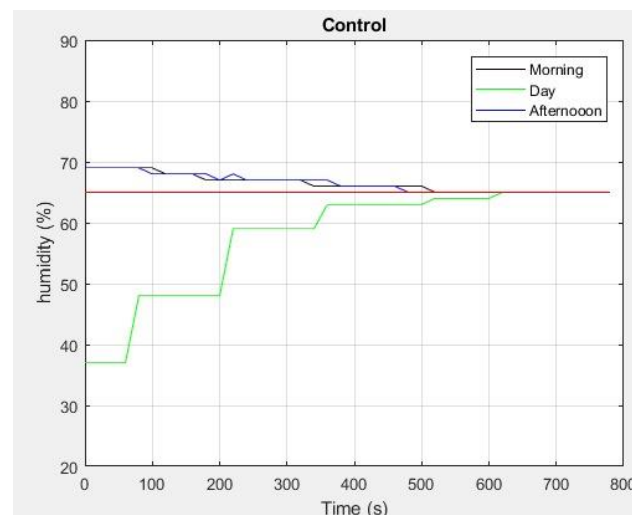
Tabel 4.7 Tabel data pH pekan keempat.

Kendali	Waktu	Set point PH	PH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	6.5	7,8	204	408	0	20	0
	Siang	6.5	8,6	208,5	417	0	32,30	0
	Sore	6.5	8,2	186	372	0	26,15	0

Bedasarkan hasil dari grafik yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. Pengujian parameter pH pada pekan keempat didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 408 detik dan pada siang hari selama 417 detik dan pada sore hari selama 372 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali.

4.4.5 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan pertama

Pengujian pekan pertama pengujian sampel data kelembapan dengan sistem kendali PID dengan *set point* 65% pada pekan pertama dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Gambar pengujian kelembapan pekan pertama.

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.13 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan kelembapan sebesar 69%, untuk siang hari sebesar 38% dan sore hari sebesar 69%. Nilai kelembapan yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set*

point. Perubahan kelembapan yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar lingkungan *plant* akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan kelembapan dapat berubah-ubah mengikuti mengikuti perubahan pada lingkungan yang terjadi sehingga memberikan dampak bagi kelembapan, akan tetapi perubahan nilai kelembapan ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan.

Hasil dari pengujian data yang dijelaskan dalam bentuk grafik, maka akan diubah ke dalam bentuk tabel agar dapat dengan mudah dibaca dengan keterangan angka seperti pada Tabel 4.8.

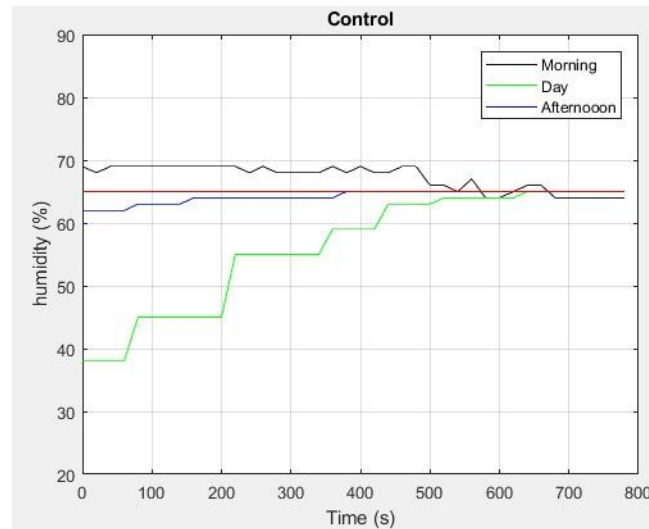
Tabel 4.8 Tabel data kelembapan pekan pertama.

Kendali	Waktu	<i>Set point</i> Kelembapan	%RH awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	65	72	266,1	532,2	0	10,7	0
	Siang	65	38	273,3	546,6	680	0	0
	Sore	65	68	114	228	0	4,6	0

Berdasarkan grafik pengujian parameter kelembapan pada pekan pertama didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 532,2 detik dan pada siang hari selama 546,6 detik dan pada sore hari selama 228 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

4.4.6 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan kedua

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.14 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan kelembapan sebesar 69%, untuk siang hari sebesar 39% dan sore hari sebesar 62%. Nilai kelembapan yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Pengujian pekan kedua pengujian sampel data kelembapan dengan sistem kendali PID dengan *set point* 65% pada pekan kedua. Seperti pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Gambar pengujian kelembapan pekan kedua

. Perubahan kelembapan yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar lingkungan *plant* akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan kelembapan dapat berubah-ubah mengikuti perubahan pada lingkungan yang terjadi sehingga memberikan dampak bagi kelembapan, akan tetapi perubahan nilai kelembapan ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada Tabel 4.9

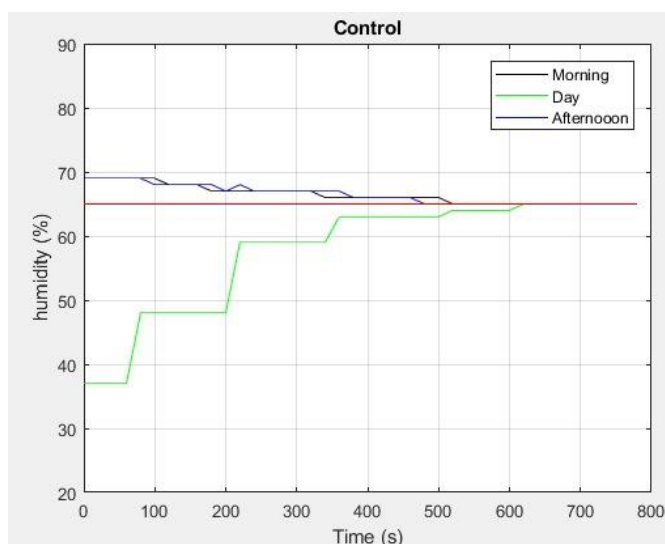
Tabel 4.9 Tabel data kelembapan pekan kedua.

Kendali	Waktu	<i>Set point</i> Kelembapan	%RH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	65	69	262	524	0	6,15	1
	Siang	65	39	184,39	368,78	640	0	0
	Sore	65	62	154	308	380	0	0

Bedasarkan grafik pengujian parameter kelembapan pada pekan kedua didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 524 detik dan pada siang hari selama 368,78 detik dan pada sore hari selama 308 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

4.4.7 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan ketiga

Pengujian pekan ketiga pengujian sampel data kelembapan dengan sistem kendali PID dengan *set point* 65% pada pekan ketiga dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Gambar pengujian kelembapan pekan ketiga

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.15 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan kelembapan sebesar 69%, untuk siang hari sebesar 37% dan sore hari sebesar 69%. Nilai kelembapan yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan kelembapan yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar lingkungan *plant* akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan kelembapan dapat berubah-ubah mengikuti mengikuti perubahan pada lingkungan yang terjadi sehingga memberikan dampak bagi kelembapan, akan tetapi perubahan nilai kelembapan ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada tabel 4.10

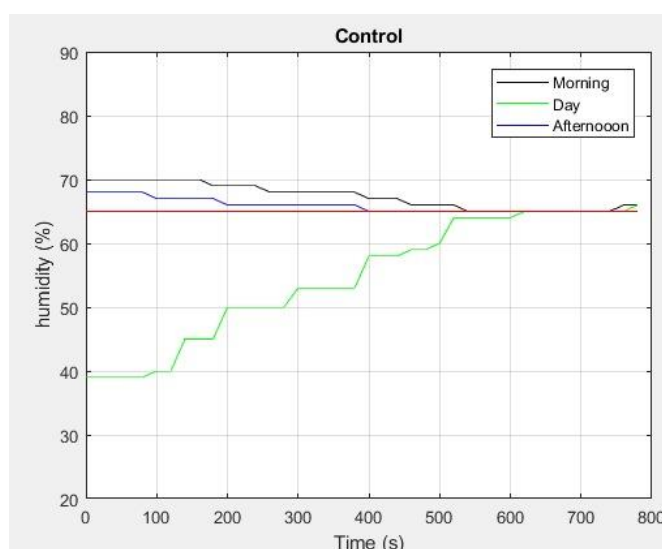
Tabel 4.10 Tabel data kelembapan pekan ketiga.

Kendali	Waktu	<i>Set point</i> Kelembapan	%RH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	65	69	202	404	0	6,15	0
	Siang	65	37	145,45	290,90	620	0	0
	Sore	65	69	192	384	0	6,15	0

Berdasarkan grafik pengujian parameter kelembapan pada pekan ketiga didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 404 detik dan pada siang hari selama 290,90 detik dan pada sore hari selama 384 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

4.4.8 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan keempat

Pengujian pekan keempat pengujian sampel data kelembapan dengan sistem kendali PID dengan *set point* 65% pada pekan keempat dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Gambar pengujian kelembapan pekan keempat

Hasil pengujian kendali yang telah dilakukan berdasarkan Gambar 4.16 menunjukkan pada pengujian kendali pagi hari didapatkan kelembapan sebesar 70%, untuk siang hari sebesar 39% dan sore hari sebesar 68%. Nilai kelembapan yang belum mencapai *set point* akan dikendalikan oleh sistem hingga mencapai *set point*. Perubahan kelembapan yang terjadi dikarenakan adanya suhu dari luar lingkungan *plant* akuaponik pada pagi, siang dan sore hari yang menyebabkan kelembapan dapat berubah-ubah mengikuti mengikuti perubahan pada lingkungan yang terjadi sehingga memberikan dampak bagi kelembapan, akan tetapi perubahan nilai kelembapan ini masih dapat dikendalikan oleh sistem pada kondisi sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Tabel data kelembapan pekan keempat

Kendali	Waktu	Set point Kelembapan	%RH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ess (%)
PID	Pagi	65	70	180	360	0	7,69	-1
	Siang	65	39	192,5	385	780	1,53	-1
	Sore	65	68	154	308	0	4,61	0

Bedasarkan grafik pengujian parameter kelembapan pada pekan keempat didapatkan hasil untuk mencapai *steady state* pada pagi hari selama 360 detik dan pada siang hari selama 385 detik dan pada sore hari selama 308 detik. Pengujian pada pekan pertama ini dapat mengetahui respon kendali PID terhadap sistem akuaponik ini dengan melihat beberapa nilai dari respon kendali terhadap beberapa kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

4.5 Laju pertumbuhan akuaponik selama 1 bulan

Pada penelitian untuk akuaponik dengan menggunakan sistem kendali PID yang dilakukan selama 1 bulan. Pertumbuhan ikan dapat dilihat dari berat dan Panjang ikan sedangkan tanaman kangkung dapat dilihat dari tinggi tanaman. Data dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Tabel data pertumbuhan ikan mas

Ikan Mas	Panjang ikan(cm)			
	Hari ke 1	Hari ke 7	Hari ke 14	Hari ke 30
1	4,5	5,8	6,4	7,3
2	4	5,6	6,8	9,0
3	4	5,5	6,6	7,2
4	4,2	5,6	6,2	7,8
5	4,3	5,8	6,5	7,3
6	4	5,8	6,5	7,8
7	4,9	5,5	6,4	7
8	4,8	5,7	6,3	7,9
Rata rata pertumbuhan (cm)				2,51

Pada pengukuran ikan mas rata rata panjang sampel didapatkan nilai 2,51cm terlihat pada tabel 4.12. Hasil pengukuran terhadap sampel kan mas yang ada pada kolam terdapat panjang 9cm pada gambar ikan sebelah kiri dan 5,5cm pda gambar ikan mas sebelah kanan seperti pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pengukuran Ikan mas

Pada pertumbuhan kan mas yang didapatkan dari hasil pengukuran selama 30 hari dengan hasil rata rata pertumbuhan 2.51cm dari sample ikan yang ada pada kolam akuaponik.

Selain pada pertumbuhan ikan, pengukuran pada pertumbuhan tanaman kangkung pada sistem akuaponik yang diukur selama 30 hari, selama pengukuran tumbuhan kangkung yang mendapatkan cukup sinar matahari sehingga pertumbuhan kangkung memiliki rata rata yang cukup tinggi di setiap pekan yaitu 5.1cm, pengukuran dilakukan dengan menggunakan penggaris, hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Tabel pengukuran tinggi tanaman kangkung

Tanaman kangkung	Tinggi tanaman kangkung(cm)			
	Hari ke 1	Hari ke 7	Hari ke 14	Hari ke 30
1	3	7	11	22
2	3,5	7,5	12	20
3	4	8	15	23
4	3	6	12	19
5	4	8,5	16	24
6	3	7	12	21
Rata-rata perubahan				5,1

Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem akuaponik pada tumbuhan kangkung sebanyak 6 buah sampling pada Tabel 4.13, dapat dilihat gambar pengukuran terhadap tumbuhan kangkung pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Pertumbuhan tanaman kangkung (a) hari ke 7 dan (b) hari ke 14

Hasil dari pengukuran tinggi tanaman kangkung yang dilakukan dalam waktu 1 bulan dapat dilihat pada Gambar 4.18. Rata - rata pertumbuhan tanaman kangkung adalah 5.1cm hal ini dikarenakan sistem pengairan dan nutrisi yang didapatkan kangkung setiap hari terus berjalan dan dengan adanya matahari yang cukup, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan.