

BAB IV

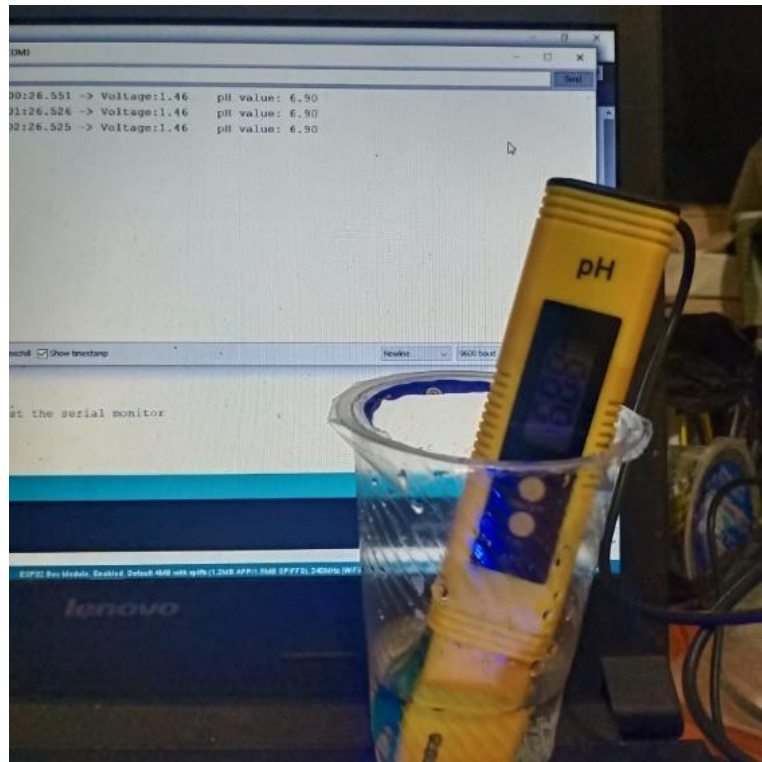
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian *Hardware*

Penelitian ini dilaksanakan pada *palm hills* dan akan disimpan dalam *box panel* yang berisi mikrokontroler yaitu ESP 32, relay dan *actuator* yaitu pompa air. Terdapat dua sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor pH sebagai pembaca nilai pH dalam air dan sensor TDS sebagai pembaca nilai TDS pada air, dan terdapat *power supply* yang berfungsi untuk memberi tegangan.

4.1.1 Pengujian Sensor pH

Langkah awal pada penelitian ini dilakukan dengan kalibrasi *sensor* yaitu membandingkan *sensor pH meter* dengan *pH meter*. Pengujian kalibrasi *sensor* dilakukan selama 5 menit dengan *buffer pH* yang disimpan pada gelas ukur sebanyak 50 ml. Pengujian *sensor pH* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian *Sensor pH* dan *pH Meter*

Pada gambar 4.1 Pengujian pertama dilakukan menggunakan pH *buffer* yang dilarutkan dengan air aquades 50 ml. pH *buffer* yang digunakan bernilai 4,08 pH. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit pada *sensor* pH dan pH *meter*. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan pH *buffer* 4.08 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Sensor pH dan pH *Meter* Menggunakan pH *Buffer* 4,08

Waktu (menit)	<i>Sensor</i> pH (pH)	pH <i>meter</i> (pH)	<i>Error</i> (%)
1	4,16	4,08	1,96
2	4,16	4,08	1,96
3	4,17	4,08	2,21
4	4,17	4,08	2,21
5	4,17	4,08	2,21
Rata-rata <i>Error</i>			2,11

Pada tabel 4.1 pengujian pertama pada *sensor* pH dan pH *meter* menggunakan pH *buffer* 4.08 yang dilarutkan air aquades 50 ml didapatkan hasil *error* sebesar 2,11%. Hasil dari persentase *error* pada pengujian ini dibawah 5% dapat membuktikan bahwa *sensor* pH dapat digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya dilakukan pengujian kedua dilakukan menggunakan pH *buffer* yang dilarutkan dengan air aquades 50 ml. pH *buffer* yang digunakan bernilai 6,88 pH. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit pada *sensor* pH dan pH *meter*. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan pH *buffer* 6.88 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan *Sensor* pH dan pH *Meter* Menggunakan pH *Buffer* 6.88

Waktu (menit)	<i>Sensor</i> pH (pH)	pH <i>meter</i> (pH)	<i>Error</i> (%)
1	6,90	6,88	0,29
2	6,90	6,88	0,29
3	6,98	6,88	1,45
4	6,98	6,88	1,45
5	6,98	6,88	1,45
Rata-rata <i>Error</i>			0,99

Pada tabel 4.2 pengujian kedua pada *sensor* pH dan pH *meter* menggunakan pH *buffer* 6,88 yang dilarutkan air aquades 50 ml didapatkan hasil *error* sebesar 0,99%. Hasil dari persentase *error* pada pengujian ini dapat membuktikan bahwa *sensor* pH dapat digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya dilakukan pengujian

ketiga dilakukan menggunakan pH *buffer* yang dilarutkan dengan air aquades 50 ml. pH *buffer* yang digunakan bernilai 9,18 pH. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit pada *sensor* pH dan pH *meter*. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan pH *buffer* 9,18 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan *Sensor* pH dan pH *Meter* Menggunakan pH *Buffer* 9,18

Waktu (menit)	<i>Sensor</i> pH (pH)	pH <i>meter</i> (pH)	<i>Error</i> (%)
1	9,23	9,18	0,55
2	9,23	9,18	0,55
3	9,23	9,18	0,55
4	9,27	9,18	0,98
5	9,27	9,18	0,98
Rata-rata <i>Error</i>			0,72

Pada tabel 4.3 pengujian ketiga pada *sensor* pH dan pH *meter* menggunakan pH *buffer* 9,18 yang dilarutkan air aquades 50 ml didapatkan hasil *error* sebesar 0,72%. Hasil dari persentase *error* ini mendakati pengujian ketiga dapat membuktikan bahwa *sensor* pH dapat digunakan pada penelitian ini.

4.1.2 Pengujian *Sensor* TDS

Pengujian *sensor* TDS ini membandingkan *sensor* TDS *meter* dengan TDS *meter* yang biasa digunakan untuk mengukur TDS pada air. Pengujian kalibrasi *sensor* dilakukan sebanyak 5 menit dengan *buffer* TDS yang disimpan pada gelas ukur sebanyak 50 ml. Hasil pengujian *sensor* TDS yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian *Sensor* TDS dan TDS *Meter*

Pada gambar 4.2 pengujian pertama dilakukan menggunakan TDS *buffer* 50 ml. TDS *buffer* yang digunakan bernilai 1016 PPM. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit pada *sensor* TDS dan TDS *meter*. Nilai perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan *Sensor* TDS Dan TDS *Meter* Menggunakan *Buffer* TDS 1016 PPM

Waktu (menit)	<i>Sensor</i> TDS (PPM)	TDS <i>meter</i> (PPM)	<i>Error</i> (%)
1	1020	1016	0,39
2	1020	1016	0,39
3	1024	1016	0,79
4	1024	1016	0,79
5	1020	1016	0,39
Rata-rata <i>Error</i>			0,55

Pada tabel 4.4 pengujian pertama pada *sensor* TDS dan TDS *meter* menggunakan 50 *buffer* TDS 1016 PPM didapatkan hasil *error* sebesar 0,55%.

Pengujian kedua dilakukan menggunakan TDS *buffer* 50 ml. TDS *buffer* yang digunakan bernilai 500 PPM. Pengujian ini dilakukan selama 5 menit pada *sensor* TDS dan TDS *meter*. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan TDS *buffer* 500 PPM dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan *Sensor* TDS dan TDS *Meter* Menggunakan TDS *Buffer* 500 PPM

Waktu (menit)	<i>Sensor</i> TDS (PPM)	TDS <i>meter</i> (PPM)	<i>Error</i> (%)
1	506	500	1,2
2	506	500	1,2
3	503	500	0,6
4	505	500	1
5	505	500	1
Rata-rata <i>Error</i>			1

Pada tabel 4.5 pengujian kedua pada *sensor* TDS dan TDS *meter* menggunakan TDS *buffer* 500 PPM 50 ml didapatkan hasil *error* sebesar 1%. Hasil dari persentase *error* ini dapat membuktikan bahwa *sensor* TDS dapat digunakan pada penelitian ini.

4.1.3 Pengujian Relay dengan Pompa Air

Penelitian relay yang digunakan berada pada pin 18, 19, 21 dan 3 pada ESP 32. Pin 18 merupakan pin yang digunakan relay untuk menyalakan pompa air pada pH *up* dan pin 19 merupakan pin yang digunakan relay untuk menyalakan pompa air pada pH *down* selanjutnya pin 21 merupakan pin yang digunakan relay untuk menyalakan pompa air pada TDS *up* dan pada pin 3 merupakan pin yang digunakan relay untuk menyalakan pompa air pada TDS *down*.

4.2 Pengukuran Debit Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh pompa untuk mengeluarkan 1,5L air. Hasil dari pengukuran debit air membutuhkan 80 detik untuk mengeluarkan 1,5L air. Hasil pengukuran debit air yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengukuran Debit Air

Pada gambar 4.3 adalah cara untuk mengetahui pompa yang digunakan bekerja dengan baik, dan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan kinerja pompa yang digunakan.

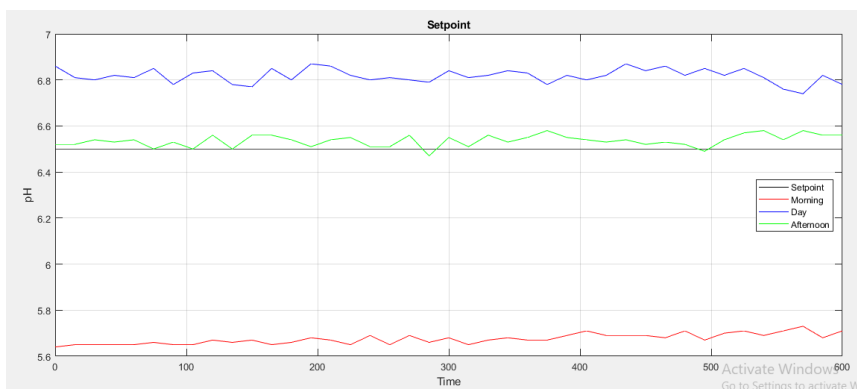
4.3 Pengujian Monitoring

Pengujian monitoring pada pH dan TDS dilakukan untuk mengetahui kondisi nilai pH dan nilai TDS menggunakan Fuzzy *logic control* yang dilakukan pada palm hills. Pengujian monitoring bisa dilihat pada aplikasi yang sudah dibuat

pada android. Monitoring pH dan TDS ini dilakukan pada pagi hari pukul 10.00, siang hari pukul 13.00 dan sore hari pukul 16.00. pengujian dilakukan selama 20 menit.

4.3.1 Pengujian *Monitoring pH*

Pengujian *monitoring pH* sebelum menggunakan sistem yang akan dibuat. Pengujian *monitoring* menggunakan mikrokontroler ESP 32 yang terkoneksi internet dan aplikasi MIT app inventor 2 yang sudah ter-*install* pada android dengan menampilkan data pH. Pembacaan nilai pH dilakukan setiap 30 detik selama pengambilan data dalam jangka waktu 5 menit. Grafik kondisi nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4.4.



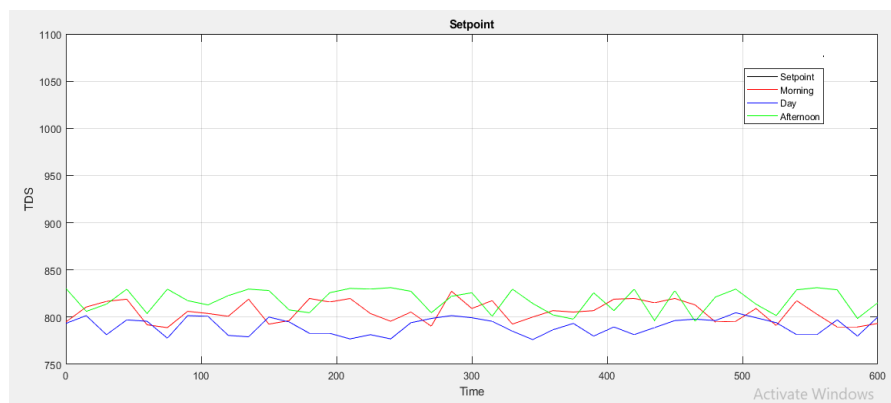
Gambar 4.4 Grafik *Monitoring pH*

Hasil pengujian *monitoring pH* yang terlihat pada gambar 4.5 menunjukkan pada pagi hari terjadi penurunan pada nilai pH sebesar 5,6 pH. Menjelang siang hari nilai pH sudah sesuai dengan nilai *setpoint* yaitu sebesar 6,5 pH, pada sore hari nilai pH mengalami perubahan signifikan yaitu 6,85. Perubahan nilai pH tidak mencapai *setpoint* dikarenakan kondisi *plant* berada pada *outdoor*.

4.3.2 Pengujian *Monitoring TDS*

Pengujian *monitoring TDS* menggunakan mikrokontroler ESP 32 pada *serial monitor* dan aplikasi MIT app inventor 2 pada android dengan menampilkan data TDS. Pembacaan nilai TDS dilakukan setiap 30 detik selama pengambilan data dalam jangka waktu 5 menit. Nilai TDS mengalami perubahan

tetapi tidak terlalu signifikan. Grafik kondisi nilai TDS dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik *Monitoring* TDS

Hasil pengujian *monitoring* TDS yang terlihat pada gambar 4.5 menunjukkan nilai TDS pagi, siang dan sore tidak sesuai dengan nilai *setpoint*. Nilai TDS yang didapatkan pada air akuaponik 800 PPM, nilai TDS yang dibutuhkan pada plant yaitu 1100 PPM. Perubahan nilai TDS tidak mencapai *setpoint* dikarenakan kondisi plant berada pada *outdoor*.

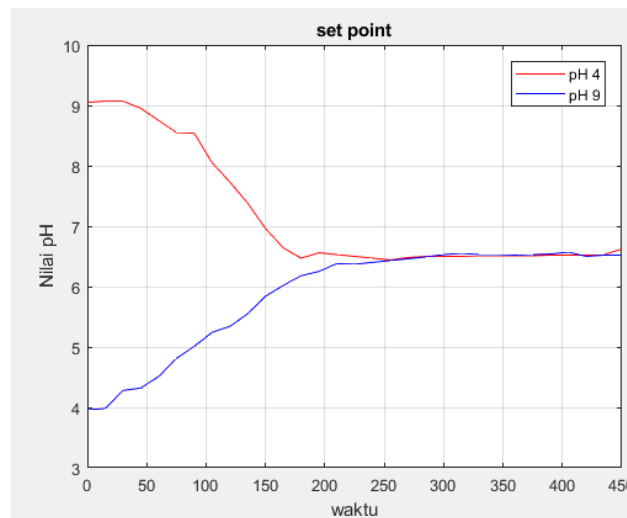
4.4 Pengujian Sistem Kendali Pada Perubahan *Setpoint*

Pengujian Sistem kendali dilakukan untuk mengetahui kondisi dan status *actuator* dapat bekerja sesuai dengan kondisi hasil *Fuzzy logic control* terhadap beberapa nilai *setpoint*. Pengujian sistem kendali menggunakan mikrokontroler ESP 32 yang sudah diprogram. Pengujian dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengendali baik atau tidaknya terhadap perubahan *setpoint*.

4.4.1 Pengujian Sistem Kendali pH

Pengujian sistem kendali pH menggunakan *Fuzzy logic control* terhadap perubahan beberapa nilai *setpoint*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kendali yang dibuat mampu bekerja dengan baik atau tidak terhadap perubahan *setpoint* yang ditentukan. Pengujian sistem kendali pH terhadap perubahan nilai *setpoint* dilakukan dengan memberikan tiga perubahan nilai

setpoint yang berbeda-beda yaitu 4 pH, 6,5 pH dan 9 pH. Grafik dari hasil hasil pengujian sistem kendali pH terhadap *setpoint* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian sistem Kendali pH Terhadap *Setpoint*

Pengujian sistem kendali pH pada perubahan nilai *setpoint* dimulai dengan kondisi nilai pH sebesar 4 pH pada air. Sistem kendali akan berjalan dan memberi perintah terhadap *actuator* untuk memberi nutrisi pH *up* menjadi kondisi nilai pH sebesar 6,5 pH. Pengujian selanjutnya nilai *setpoint* dimulai dengan kondisi nilai pH sebesar 9 pH. Sistem kendali akan berjalan dan memberi perintah terhadap *actuator* untuk memberi nutrisi pH *down* sehingga kondisi nilai pH pada air berubah sesuai *setpoint* yaitu sebesar 6,5 pH. Hasil pengujian sistem kendali pH terhadap *setpoint* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

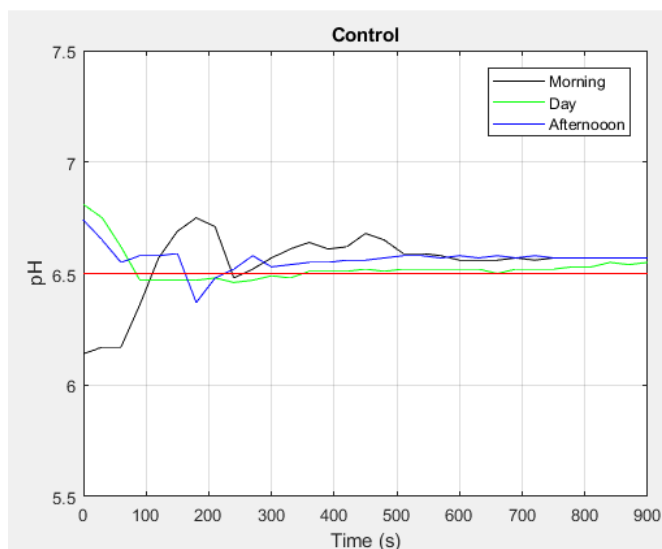
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Kendali pH Terhadap *Setpoint*

Kendali	Pengujian	<i>Setpoint</i> pH	pH Awal	Td (detik)	Tr (detik)
Logika Fuzzy	Pertama	6,5	3,96	83,72	167,44
	Kedua	6,5	9,05	51,49	102,98

Pada tabel 4.6 didapatkan pengujian pertama dari pH awal menuju *setpoint* nilai td 83,72 detik dan tr 167,44 detik. Pengujian kedua nilai pH awal 9,05 menuju *setpoint* didapatkan nilai td 51,49 detik dan nilai tr 102,98 detik.

4.4.2 Pengujian Sistem Kendali pH pada Pekan Pertama

Pengujian kendali pH pada pekan pertama dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai pH pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik pH sebesar 6,5 pH. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Kendali pH Pekan Pertama

Pada kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil dari pengujian kendali pH, pada pagi hari mendapatkan nilai pH awal sebesar 6,14 pH, siang hari 6,81 pH dan sore hari 6,74 pH. Waktu yang dibutuhkan oleh *sistem* untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 110 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 84 detik, pada sore hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 160 detik. Hasil pengujian kendali pH pada pekan pertama terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

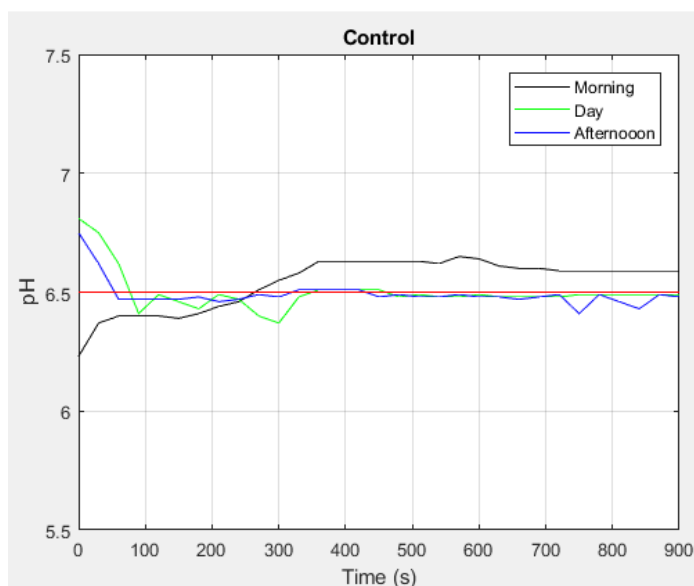
Tabel 4.6 Respon Kendali Terhadap Grafik pH Pekan Pertama

Waktu	<i>Setpoint</i> pH	pH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess (%)
Pagi	6,5	6,14	55	110	180	3,85	600	0,92
Siang	6,5	6,81	42	84	-	-	420	0,15
Sore	6,5	6,74	80	160	-	-	390	0,77

Pada tabel 4.6 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 55 detik dan untuk tr 110 detik, pada siang hari untuk nilai td 42 detik dan tr 84 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 80 detik dan tr 160 detik.

4.4.3 Pengujian Sistem Kendali pH pada Pekan Kedua

Pengujian kendali pH pada pekan kedua dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian dilakukan untuk mengendalikan nilai pH pada akuaponik agar sesuai dengan *setpoint*. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik pH sebesar 6,5 pH. Perubahan nilai pH pada pekan kedua mendekati dengan pengujian pada pekan pertama. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Kendali pH Pekan Kedua

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 menunjukkan hasil dari pengujian kendali pH, pada pagi hari mendapatkan nilai pH awal sebesar 6,23 pH, siang hari 6,81 pH dan sore hari 6,75 pH. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 264 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 77 detik, pada sore hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 55 detik. Hasil pengujian kendali pH pada pekan kedua terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

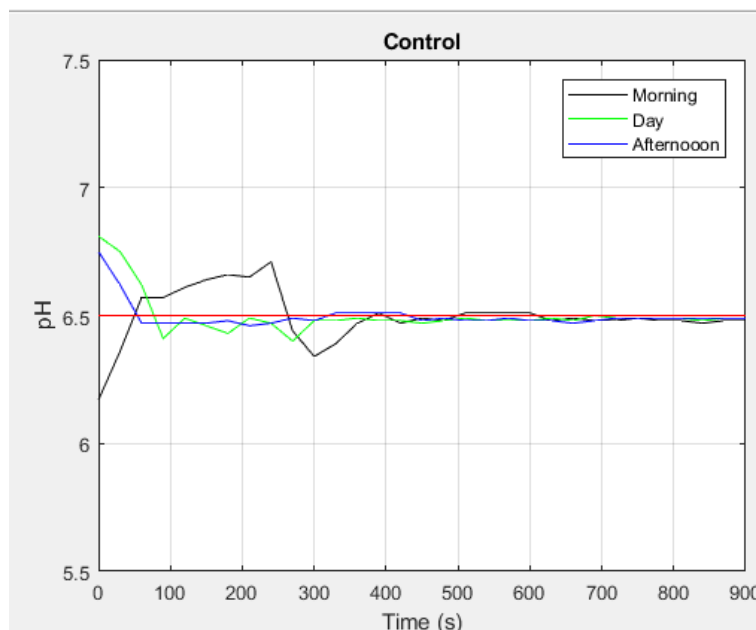
Tabel 4.7 Respon Kendali Terhadap Grafik pH Pekan Kedua

Waktu	Setpoint pH	pH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess (%)
Pagi	6,5	6,23	132	264	-	-	360	2
Siang	6,5	6,81	38,5	77	-	-	380	0,15
Sore	6,5	6,75	27,5	55	-	-	300	0,31

Pada tabel 4.7 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 132 detik dan untuk tr 264 detik, pada siang hari untuk nilai td 38 detik dan tr 77 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 27 detik dan tr 55 detik.

4.4.4 Pengujian Sistem Kendali pH Pada Pekan Ketiga

Pengujian kendali pH pada pekan ketiga dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai pH pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik pH sebesar 6,5 pH. Pekan ketiga terjadi perubahan nilai pH pada sore hari sangat tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Kendali pH Pekan Ketiga

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 menunjukkan hasil dari pengujian kendali pH, pada pagi hari mendapatkan nilai pH awal sebesar 6,17 pH, siang hari 6,81 pH dan sore hari 6,75 pH. Nilai awal pH pada pagi hari waktu

yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 50 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 78 detik, pada sore hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 60 detik. Hasil pengujian kendali pH pada pekan ketiga terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

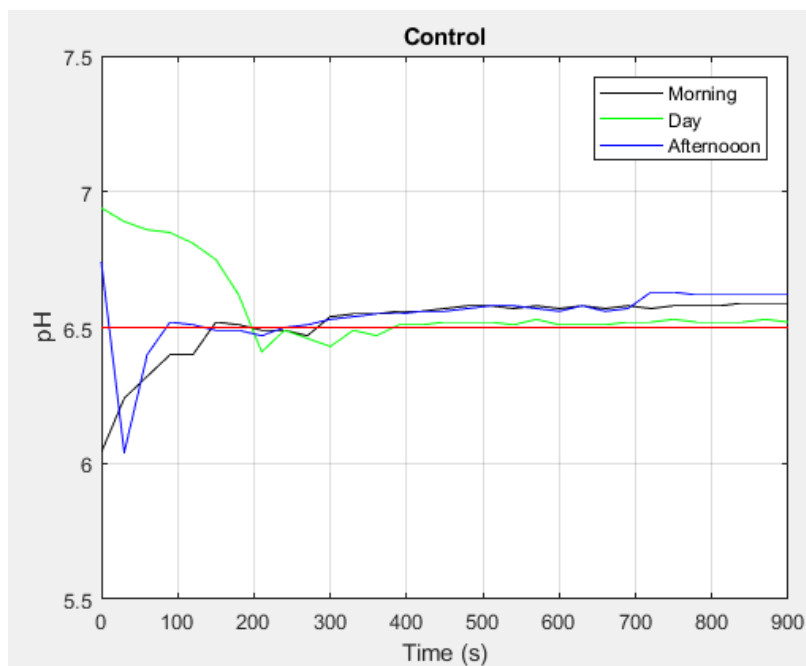
Tabel 4.8 Respon Kendali Terhadap Grafik pH Pekan Ketiga

Waktu	Setpoint pH	pH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess (%)
Pagi	6,5	6,17	25	50	240	3,32	420	0,46
Siang	6,5	6,81	39	78	-	-	300	0,31
Sore	6,5	6,75	30	60	-	-	198	0,31

Pada tabel 4.8 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 25 detik dan untuk tr 50 detik, pada siang hari untuk nilai td 39 detik dan tr 78 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 30 detik dan tr 60 detik.

4.4.5 Pengujian Sistem Kendali pH Pada Pekan Keempat

Pengujian kendali pH pada pekan keempat dilakukan pada pagi, siang dan sore hari, pada pekan keempat nilai pH pada akuaponik mendekati pekan pertama dan kedua. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Kendali pH Pekan Keempat

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 menunjukkan hasil dari pengujian kendali pH, pada pagi hari mendapatkan nilai pH awal sebesar 6,04 pH, siang hari 6,94 pH dan sore hari 6,74 pH. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 145 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 200 detik, pada sore hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 26 detik. Hasil pengujian kendali pH pada pekan keempat terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.9.

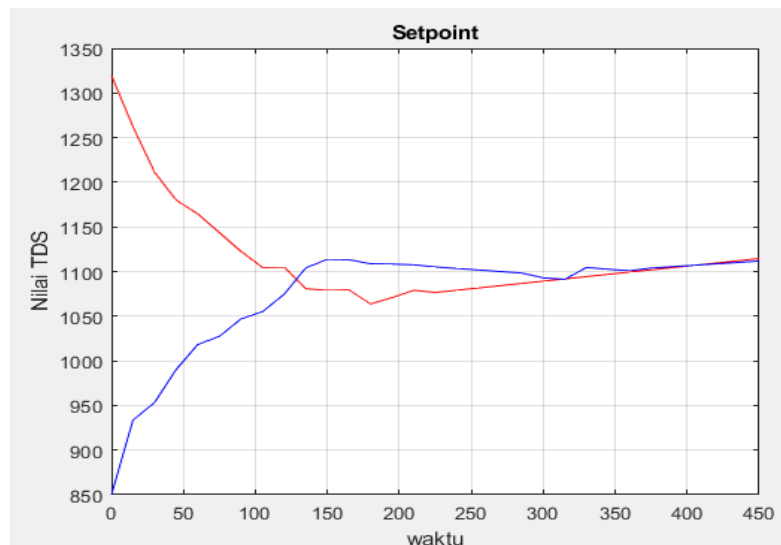
Tabel 4.9 Respon Kendali Terhadap Grafik pH Pekan Keempat

Waktu	<i>Setpoint</i> pH	pH Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess (%)
Pagi	6,5	6,04	72,5	145	-	-	330	0,77
Siang	6,5	6,94	100	200	-	-	390	0,15
Sore	6,5	6,74	13	26	-	-	385	0,77

Pada tabel 4.9 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 72 detik dan untuk tr 145 detik, pada siang hari untuk nilai td 100 detik dan tr 200 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 13 detik dan tr 26 detik.

4.4.6 Pengujian Sistem Kendali TDS

Pengujian sistem kendali TDS menggunakan *Fuzzy logic control* terhadap perubahan beberapa nilai *setpoint*. Pengujian sistem kendali TDS terhadap perubahan nilai *setpoint* dilakukan dengan memeberikan tiga perubahan nilai *setpoint* yang berbeda-beda yaitu 850PPM, 1.100PPM dan 1.300PPM. Berikut grafik dari hasil hasil pengujian sistem kendali TDS terhadap *setpoint* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil Pengujian Sistem Kendali TDS Terhadap *Setpoint*

Pengujian sistem kendali TDS pada perubahan nilai *setpoint* dimulai dengan kondisi nilai TDS sebesar 850PPM pada air. Sistem kendali akan berjalan dan memberi perintah terhadap *actuator* untuk memeberi nutrisi TDS *up* menjadi kondisi nilai TDS sesuai dengan *setpoint*. Pengujian sistem kendali TDS selanjutnya nilai TDS dimulai pada kondisi 1319PPM. Sistem kendali akan berjalan dan memberi perintah terhadap *actuator* untuk merubah nilai TDS sesuai dengan *setpoint*. Hasil pengujian sistem kendali TDS terhadap *setpoint* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

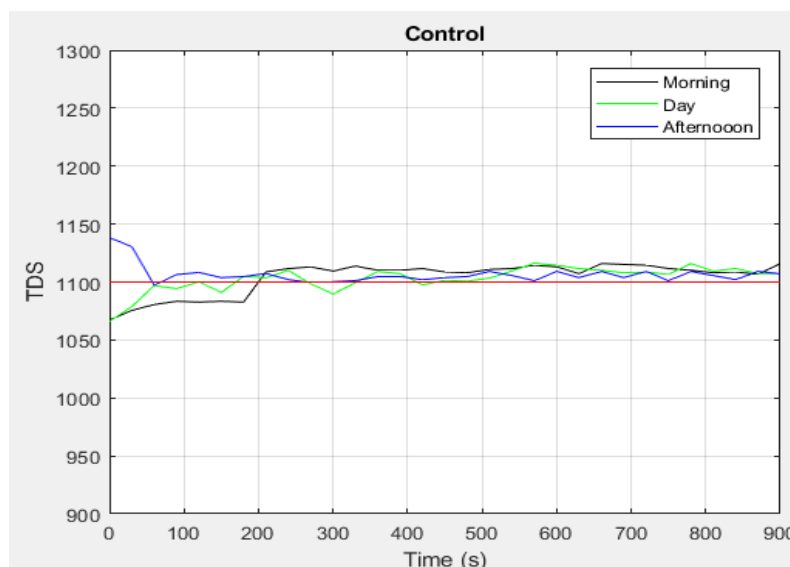
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Sistem Kendali TDS Terhadap *Setpoint*

Kendali	Pengujian	<i>Setpoint</i> TDS	TDS Awal	Td (detik)	Tr (detik)
Logika Fuzzy	Pertama	1100	850,29	57,86	115,71
	Kedua	1100	1.319,49	42,4	84,80

Pada tabel 4.10 didapatkan pengujian pertama dari TDS awal menuju *setpoint* nilai td 57,86 detik dan tr 115,71 detik, pada pengujian kedua nilai TDS awal 1.319,49 menuju *setpoint* didapatkan nilai td 42,4 detik dan nilai tr 84,80 detik.

4.4.7 Pengujian Sistem Kendali TDS Pada Pekan Pertama

Pengujian kendali TDS pada pekan pertama dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai TDS pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* TDS yang diberikan pada plan akuaponik adalah 1.100PPM. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Kendali TDS Pekan Pertama

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 menunjukkan hasil dari pengujian kendali TDS, pada pagi hari mendapatkan nilai TDS awal sebesar 1.067,27PPM, siang hari 1.066,5PPM dan sore hari 1.138,21PPM. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 200 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 120 detik. Waktu yang dibutuhkan pada sore hari untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 57,5 detik. Hasil pengujian kendali TDS pada pekan pertama terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

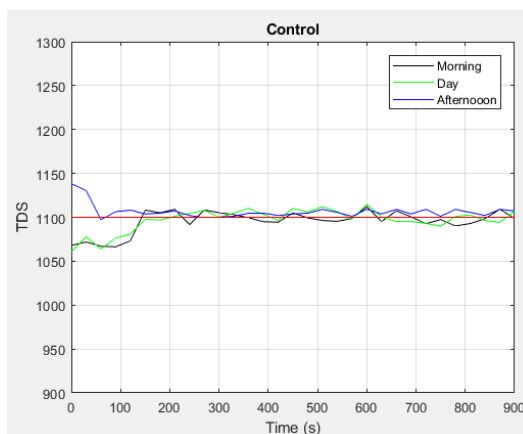
Tabel 4.11 Respon Kendali Terhadap Grafik TDS Pekan Pertama

Waktu	<i>Setpoint</i> TDS	TDS Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess (%)
Pagi	1.100	1.067,27	100	200	-	-	300	0,8
Siang	1.100	1.066,05	60	120	-	-	450	0,14
Sore	1.100	1.138,21	28,75	57,5	-	-	210	0,68

Pada tabel 4.11 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 100 detik dan untuk tr 200 detik, pada siang hari untuk nilai td 60 detik dan tr 120 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 28,75 detik dan tr 57,5 detik.

4.4.8 Pengujian Sistem Kendali TDS Pada Pekan Kedua

Pengujian kendali TDS pada pekan kedua dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai TDS pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik TDS sebesar 1.100 PPM. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik Kendali TDS Pekan Kedua

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 menunjukkan hasil dari pengujian kendali TDS, pada pagi hari mendapatkan nilai TDS awal sebesar 1.067,99PPM, siang hari 1.060,71PPM dan sore hari 1.154,29PPM. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 142,8 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 200 detik. Waktu yang dibutuhkan pada sore hari untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 240 detik. Hasil pengujian kendali TDS pada pekan pertama terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

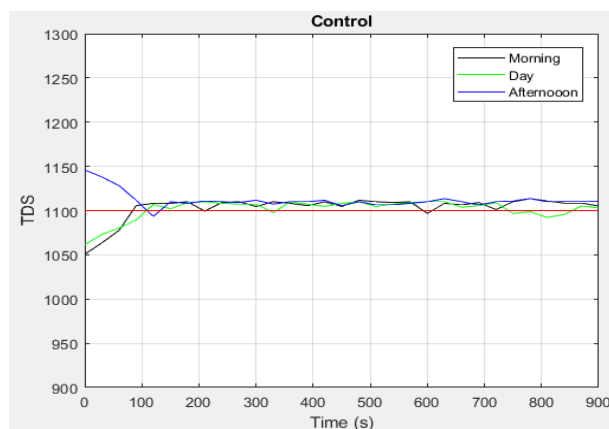
Tabel 4.12 Respon Kendali Terhadap Grafik TDS Pekan Kedua

Waktu	Setpoint TDS	TDS Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess
Pagi	1.100	1.067,99	71,4	142,8	-	-	450	0,45
Siang	1.100	1.060,71	100	200	-	-	270	0,73
Sore	1.100	1.154,29	120	240	-	-	270	0,90

Pada tabel 4.12 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 71,4 detik dan untuk tr 142,8detik, pada siang hari untuk nilai td 100 detik dan tr 200 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 120 detik dan tr 240 detik.

4.4.9 Pengujian Sistem Kendali TDS Pada Pekan Ketiga

Pengujian kendali TDS pada pekan ketiga dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai TDS pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik TDS sebesar 1.100 PPM. Pekan ketiga terjadi perubahan nilai TDS pada sore hari sangat tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik Kendali TDS Pekan Ketiga

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 menunjukkan hasil dari pengujian kendali TDS, pada pagi hari mendapatkan nilai TDS awal sebesar 1050,71PPM, siang hari 1061,48PPM dan sore hari 1145,91PPM. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 84 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang hari adalah 108 detik. Waktu yang dibutuhkan pada sore hari untuk mencapai nilai

setpoint adalah 109 detik. Hasil pengujian kendali TDS pada pekan pertama terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

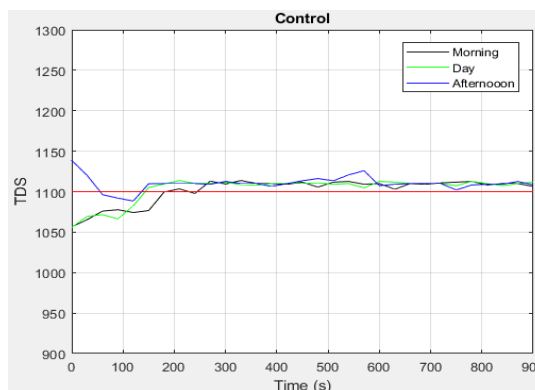
Tabel 4.13 Respon Kendali Terhadap Grafik TDS Pekan Ketiga

Waktu	Setpoint TDS	TDS Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess
Pagi	1.100	1.050,71	42	84	-	-	270	0,90
Siang	1.100	1.061,48	54	108	-	-	210	0,9
Sore	1.100	1.145,91	54,5	109	-	-	300	1,07

Pada tabel 4.13 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 42 detik dan untuk tr 84 detik, pada siang hari untuk nilai td 54 detik dan tr 108 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 54,5 detik dan tr 109 detik.

4.4.10 Pengujian Sistem Kendali TDS Pada Pekan Keempat

Pengujian kendali TDS pada pekan keempat dilakukan pada pagi, siang dan sore hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengendalikan nilai TDS pada plan akuaponik agar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. *Setpoint* yang diberikan pada plan akuaponik TDS sebesar 1100 PPM, pada pekan keempat nilai TDS pada akuaponik mendekati pekan pertama dan kedua. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Kendali TDS Pekan Keempat

Grafik kendali yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 menunjukkan hasil dari pengujian kendali TDS, pada pagi hari mendapatkan nilai TDS awal sebesar 1.056,41PPM, siang hari 1.055,84PPM dan sore hari 1.138,67PPM. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai *setpoint* pada pagi hari adalah 184 detik, pada siang hari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* pada siang

hari adalah 143,2 detik. Waktu yang dibutuhkan pada sore hari untuk mencapai nilai *setpoint* adalah 55,3 detik. Hasil pengujian kendali TDS pada pekan pertama terdapat beberapa nilai dari respon kendali yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Respon Kendali Terhadap Grafik TDS Pekan Keempat

Waktu	Setpoint TDS	TDS Awal	Td (detik)	Tr (detik)	Tp (detik)	Mp (%)	Ts (detik)	Ess
Pagi	1.100	1.056,41	92	184	-	-	330	1,2
Siang	1.100	1.055,84	71,6	143,2	-	-	300	1,05
Sore	1.100	1.138,67	27,65	55,3	-	-	300	1,15

Pada tabel 4.14 didapatkan hasil pada pagi hari untuk td 92 detik dan untuk tr 184 detik, pada siang hari untuk nilai td 71,6 detik dan tr 143,2 detik, dan untuk sore hari didapatkan hasil td 27,65 detik dan tr 55,3 detik.

4.5 Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan menggunakan android yang berfungsi sebagai antarmuka dari sistem ke pengguna, pembuatan aplikasi menggunakan *MIT app inventor 2*. Pengguna dapat menjalankan aplikasi yang sudah diinstall kemudian dapat melakukan monitoring akuaponik dan dapat melihat status *actuator* yaitu pompa nutrisi pada android. Tampilan halaman utama aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.16.



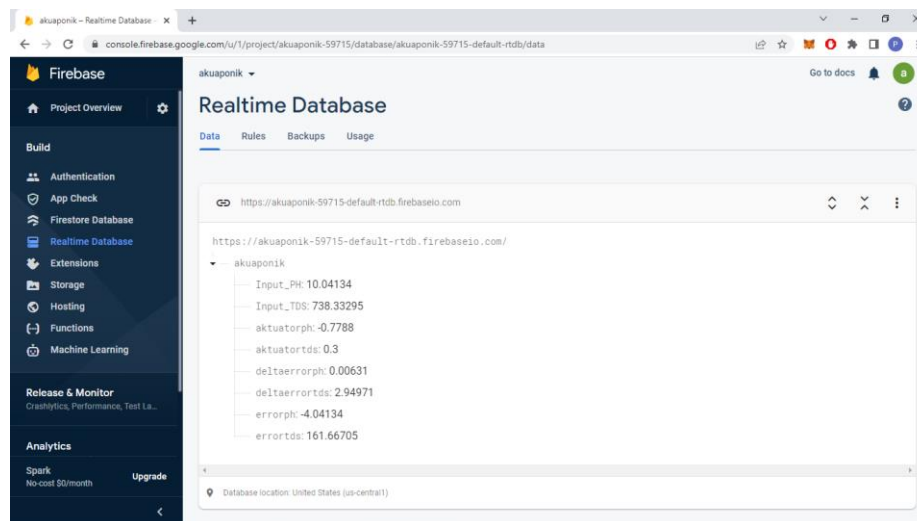
Gambar 4.16 Tampilan Halaman Utama Aplikasi

Pada gambar 4.16 tampilan halaman utama aplikasi terdapat data nilai pH dan nilai TDS terhadap air akuaponik, dan terdapat 2 tombol yaitu pH dan TDS. Masing-masing berfungsi untuk masuk ke halaman yang menampilkan data dari

masing-masing nutrisi. Data yang ditampilkan berupa data nutrisi, *error* dan *delta error* dan terdapat status *actuator* yaitu *pump up* dan *pump down*.

4.6 Pengujian Database

Pengujian *database* dilakukan dengan melihat data yang telah kirim oleh ESP 32 kedalam *database*, data dapat dilihat dengan cara membuka halaman *database* pada <https://akuaponik-59715-default-rtdb.firebaseio.com/>, data yang telah disimpan diberinama akuaponik. Gambar 4.17 merupakan tampilan dari penyimpanan *database*, data yang ditampilkan yaitu *input pH*, *input TDS*, *actuator pH*, *actuator TDS*, *deltaerror pH*, *deltaerror TDS*, *error pH* dan *error TDS*. Dari hasil pengamatan ini dapat disimpulkan bawasanya *server* berhasil menyimpan data sensor.



Gambar 4.17 Tampilan Penyimpanan Database

Pada gambar 4.17 adalah tampilan penyimpanan real time data dari firebase. Data dari firebase akan ditampilkan pada aplikasi yang sudah dibuat menggunakan *MIT App Inventor*.

4.7 Laju Pertumbuhan Akuaponik

Pengujian sistem kendali pH dan TDS air akuaponik menggunakan metode logika Fuzzy menghasilkan pertumbuhan terhadap ikan mas dan tanaman pakcoy. Laju pertumbuhan pada ikan mas dan tanaman pakcoy dilakukan dengan

mengukur panjang ikan mas dan tanaman pakcoy. Laju pertumbuhan akuaponik pada tanaman pakcoy dan ikan mas dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Pertumbuhan Akuaponik

Plant Akuaponik	Pertumbuhan Ikan dan Tanaman (cm)			
	Hari ke-1	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-30
Ikan 1	6	7	8	10
Ikan 2	7	8	10	12
Ikan 3	7	8	10	11
Tanaman 1	4	5	7	11
Tanaman 2	4	5	8	12
Tanaman 3	5	6	8	12

Pada tabel 4.15 menunjukkan pertumbuhan akuaponik pada tanaman dan ikan. Pertumbuhan rata-rata pada ikan mas pada plan akuaponik yang sudah dibuat yaitu 3 cm sampai 4 cm dalam 30 hari. Sedangkan rata-rata pertumbuhan pada tanaman pakcoy pada plan akuaponik yang sudah dibuat adalah 7 cm dalam 30 hari. Sistem dapat mengendalikan nutrisi pH dan TDS mendekati kebutuhan .