

# Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kekeruhan Air Kolam Ikan Patin Berbasis *Fuzzy Logic*

Ahmad Bahtiar

ahmad.bahtiar22@gmail.com  
Universitas Jember

Bambang Supeno

supeno@unej.co.id  
Universitas Jember

Mohamad Agung Prawira Negara

magungpn@unej.ac.id  
Universitas Jember

## Abstrak

Ikan patin merupakan salah satu ikan air tawar yang memiliki peluang ekonomi untuk dibudidayakan karena memiliki harga jual yang tinggi. Karena itulah pengusaha banyak yang berminat untuk membudidayakannya. Keberhasilan di bidang budidaya ikan ditunjang keadaan air kolam ikan. Ada beberapa faktor yang digunakan sebagai pedoman dalam menilai kualitas suatu perairan yaitu derajat keasaman air (nilai pH), kandungan oksigen, suhu air, kekeruhan air, dan kesadahan air. Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak terobosan terobosan baru di bidang budidaya ikan. Salah satunya yaitu pengontrolan secara *real time* pada kolam ikan. Dari yang awalnya hanya pengontrolan manual, terus dikembangkan hingga ditemukan metode pengontrolan kolam ikan dengan teknologi yang terbaru. Penelitian bertujuan untuk membantu mengontrol dan mengatasi permasalahan pada air kolam ikan patin. Alat ini dirancang menggunakan sistem fuzzy. Hasil studi menunjukkan perancangan alat memiliki nilai rata rata *error* persen pengukur suhu dengan DS18B20 sebesar 1,286% dan rata rata sensor kekeruhan sebesar 0,346%. Selain itu, dari 360 data, terdapat 64 data yang hasilnya tidak sesuai dan tidak terdefinisi. Data yang tidak sesuai sebanyak 35 data atau 9,72% dan data yang tidak terdefinisi sebanyak 29 data atau 8,05%. Jumlah ikan pada awal pengujian pengontrol kondisi air kolam ikan patin menggunakan sistem fuzzy yaitu 20 ekor hingga akhir pengujian berjumlah 17 ekor.

**Kata Kunci** — *Fuzzy*, ikan patin, kolam, kontrol.

## Abstract

*Catfish is a freshwater fish that have economic opportunities to be cultivated because it has a high selling price. That's why many entrepreneurs who are interested to cultivate. The success in the field of fish farming supported by the state of fishpond water. There are several factors that are used as a guide in assessing the quality of a body of water that is the degree of acidity (pH value), oxygen, water temperature, turbidity, and water hardness. Along with the development of technology, many new breakthroughs in the field of fish farming. One of them is controlling in real time on a fishpond. From the first only manual control, continue to be developed until it was discovered a method of controlling a fishpond with the latest technology. The study aims to help control and solve problems with the pool water catfish. This tool is designed using fuzzy system. The study shows the design tool has a value of the average error per cent thermometer with DS18B20 amounted to 1.286% and the average turbidity sensor at 0.346%. In addition, 360 of data, there are 64 data results do not match and undefined. The data that do not fit as many as 35 or 9.72% of data and data that is not defined by 29 data or 8.05%. The number of fish at the beginning of the test controller catfish pond water conditions using fuzzy system that is 20 fish until the end of the test were 17 fish.*

**Keywords** : *Catfish*, control, fuzzy, pond.

## I. PENDAHULUAN

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor penunjang perekonomian negara. Indonesia adalah negara maritim. Oleh karena itu, potensi perikanan di Indonesia juga sangat melimpah. Sektor perikanan di Indonesia ada yang dikembangkan di tambak dan juga di kolam. Salah satu jenis ikan yang dikembangkan di kolam adalah ikan patin.

Ada beberapa faktor yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam menilai kualitas suatu perairan yaitu derajat keasaman air (nilai pH), kandungan oksigen, suhu air, kekeruhan air, dan kesadahan air. Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak terobosan terobosan baru di bidang budidaya ikan. Salah satunya yaitu pengontrolan secara *real time* pada kolam ikan. Dari yang awalnya hanya pengontrolan manual, terus dikembangkan hingga ditemukan metode pengontrolan kolam ikan dengan teknologi yang terbaru.

Mengacu pada paper dengan judul “Sistem Otomatisasi Pengkondisian Suhu, Ph, Dan Kejernihan Air Kolam Pada Pembudidayaan Ikan Patin” [1] dijelaskan tentang pengontrolan air kolam pada pembudidayaan ikan patin. Pengontrolan ini dapat membantu para pengusaha budidaya ikan patin untuk mendapatkan patin yang sehat, bebas penyakit, bermutu, dan lezat untuk dikonsumsi. Pada paper “Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Kekeruhan Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535” [2] dijelaskan bahwa untuk mengukur kekeruhan air dapat menggunakan fotodiode yang dikombinasikan dengan rangkaian penguat diferensial *non-inverting*. Sedangkan pada paper “Pendeteksi Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan sensor Fototransistor dan Led Inframerah” [3] menggunakan sensor fototransistor dan led inframerah untuk mengukur kekeruhan air.

Dengan mengacu pada kelebihan-kelebihan yang dimiliki pada setiap paper, penulis ingin merancang pengontrol air kolam ikan patin dengan tujuan untuk membantu mengontrol dan mengatasi permasalahan pada air kolam ikan patin. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat meningkatkan hasil panen ikan patin dan memudahkan kerja manusia dalam pembudidayaan ikan patin.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Diagram Blok

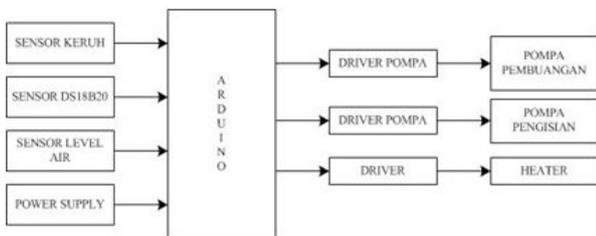
Dari gambar 1 dapat dilihat cara kerja pengontrolan air kolam ikan patin secara keseluruhan yaitu *power supply* menyuplai tegangan pada setiap komponen yang digunakan agar dapat berfungsi. Berikutnya sensor keruh, sensor

DS18B20, dan sensor level air bekerja masing-masing sesuai dengan fungsinya. Kemudian hasil pengukuran dari ketiga sensor tersebut dikirim ke arduino untuk diolah dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.

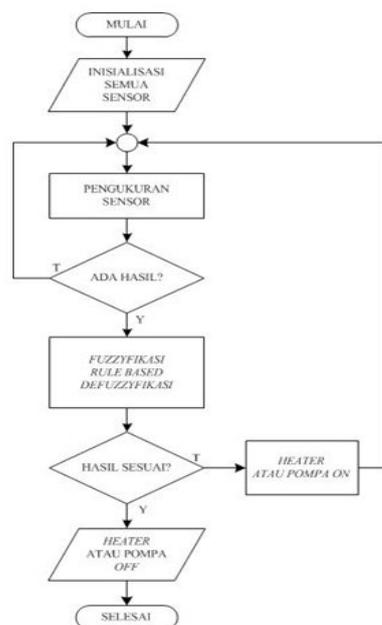
Hasil dari pengolahan data yang menggunakan *fuzzy logic* tersebut dijadikan acuan untuk mengaktifkan semua *driver*. Proses berikutnya setelah *driver* aktif maka akan menggerakkan *heater*, pompa pembuangan, atau pompa pengisian.

**B. Diagram Alir**

Pada gambar 2 dapat dilihat cara kerja sistem secara keseluruhan yaitu saat proses dimulai berikutnya adalah proses inialisasi sensor. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengukuran sensor. Apabila ada hasil pengukuran dari ketiga sensor maka proses selanjutnya adalah fuzzyfikasi yaitu hasil pengukuran sensor diubah dalam nilai himpunan fuzzy. Apabila tidak ada hasil, maka proses pengukuran akan dilakukan terus menerus sampai ada hasil dari ketiga sensor. Berikutnya adalah penentuan output sesuai dengan *rule based* yang telah dibentuk. Proses berikutnya adalah defuzzyfikasi yaitu mengubah nilai himpunan fuzzy pada *output* menjadi nilai tegas. Apabila hasil tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka *heater* atau pompa tertentu akan diaktifkan sampai hasilnya sesuai dengan yang diharapkan. Apabila hasil sesuai dengan yang diharapkan maka *heater* dan pompa akan dinonaktifkan dan proses selesai.



Gambar 1. Diagram blok perancangan alat



Gambar 2. Diagram alir secara keseluruhan

**C. Fuzzy**

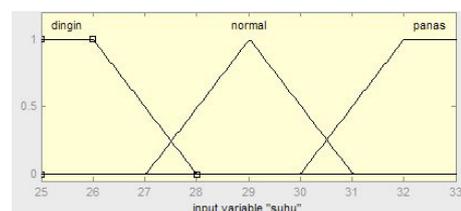
*Range* keadaan suhu dingin berkisar dari suhu 25°C–28°C, normal berkisar dari suhu 27°C–31°C dan panas berkisar dari suhu 30°C–33°C seperti terlihat pada gambar 3. *Range* keadaan kekeruhan kelompok jernih berkisar dari 0–6 NTU, keadaan kekeruhan cukup 5–129 NTU, dan keadaan kekeruhan keruh 128–150 NTU seperti terlihat pada gambar 4. Gambar 5 menunjukkan *membership output* diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu tindakan awal, menengah, dan lanjut. Setiap *membership function* dikombinasikan hingga membentuk suatu *rule* seperti pada tabel 1.

**D. Perancangan Alat**

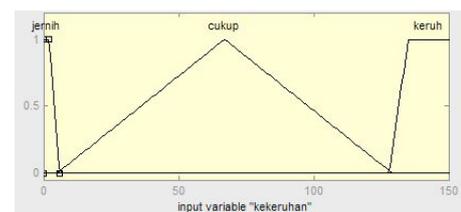
Kontrol merupakan pengendali utama dari setiap sensor yang digunakan. Didalam kontrol terdapat berbagai macam komponen dan arduino yang telah memuat program fuzzy untuk mengendalkan sensor yang lain. Saat sensor suhu mendeteksi suhu air pada akuarium dibawah 28°C, maka kontrol akan mengaktifkan *heater*. *Heater* disini berguna untuk menghangatkan air pada akuarium saat air pada akuarium bersuhu dibawah 28°C. Namun apabila sensor suhu DS18B20 mendeteksi suhu air pada akuarium diatas 30°C, maka kontrol akan mengaktifkan relay pembuangan.

Saat sensor keruh mendeteksi tingkat kekeruhan yang tinggi, maka kontrol alat akan mengaktifkan relay untuk membuka pompa pembuangan. Saat pompa pembuangan terbuka, maka sensor level air akan bekerja untuk mengetahui berapa ketinggian air pada akuarium. Dan saat pompa pembuangan terbuka, maka air pada akuarium akan dialirkan ke bak pembuangan melalui pipa pembuangan.

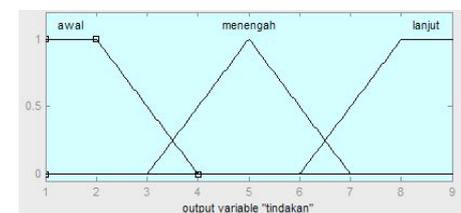
Saat sensor level air mendeteksi ketinggian air dibawah 20 cm, maka kontrol akan menghentikan relay pompa pembuangan dan mengaktifkan relay pompa pengisian. Dan saat pompa pengisian terbuka, maka air pada bak pengisian akan tersedot ke akuarium melalui pipa pengisian. Saat sensor level air mendeteksi ketinggian air diatas 40 cm, maka kontrol akan menghentikan relay pengisian.



Gambar 3. Derajat keanggotaan input suhu



Gambar 4. Derajat keanggotaan input kekeruhan



Gambar 5. Derajat keanggotaan output tindakan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian DS18B20

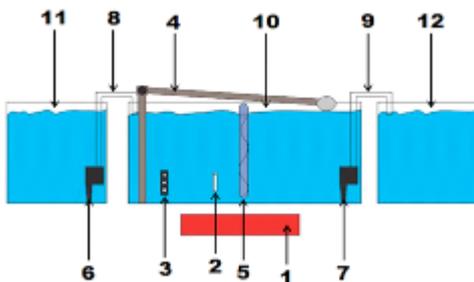
Pengujian sensor DS18B20 dilakukan pada 10 cairan dengan suhu yang berbeda. Dari tabel 2 dapat dilihat hasil pengujian sensor DS18B20 yang memiliki rata-rata error persen sebesar 1,286%. Selain itu, pada pengujian sensor DS18B20 memiliki error persen terbesar dengan nilai 1,887% dan error persen terkecilnya bernilai 0,381%. Dengan nilai error persen dibawah 30%, maka sensor DS18B20 dapat bekerja dengan baik karena memiliki hasil pembacaan suhu yang hampir sama dengan termometer.

B. Pengujian Sensor Kekeuhan

Pengujian sensor kekeuhan dilakukan pada 9 cairan dengan tingkat kekeuhan yang berbeda. Dari tabel 3 dapat dilihat hasil pengujian sensor kekeuhan memiliki nilai error persen terbesar dengan nilai 1,429% dan error persen terkecil dengan nilai 0%. Adapun rata-rata error persennya sebesar 0,346%.

Tabel 1. Rule base sistem dengan 2 input dan 1 output

No.	Suhu	Kekeuhan	Tindakan
1	Dingin	Jernih	awal
2	Normal	Jernih	menengah
3	Panas	Jernih	lanjut
4	Dingin	Cukup	awal
5	Normal	Cukup	menengah
6	Panas	Cukup	lanjut
7	Dingin	Keruh	lanjut
8	Normal	Keruh	lanjut
9	Panas	Keruh	lanjut



Gambar 6. Perancangan pengontrol air kolam ikan patin

Keterangan:

- (1) Kontrol
- (2) Sensor Suhu DS18B20
- (3) Sensor Keruh
- (4) Sensor Level Air
- (5) Heater
- (6) Pompa Pengisian
- (7) Pompa Pembuangan
- (8) Pipa Pengisian
- (9) Pipa Pembuangan
- (10) Akuarium
- (11) Bak Pengisian
- (12) Bak Pembuangan



Gambar 7. Hasil perancangan pengontrol air kolam ikan patin

Error persen ini disebabkan karena adanya partikel-partikel yang melayang pada cairan saat dilakukan pengukuran. Dengan nilai error persen yang bernilai dibawah 30%, maka sensor kekeuhan dapat bekerja dengan baik karena memiliki hasil pembacaan nilai kekeuhan yang hampir sama dengan turbidity meter.

C. Pengujian Sensor Level Air

Pengujian sensor level air dilakukan pada 11 tingkat ketinggian yaitu 0 cm, 1 cm, 5cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm. Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran oleh sensor level air dan hasil pengukuran oleh meteran memiliki nilai nilai error persen terkecil 0% dan terbesar 16,67%. Hal ini menunjukkan sensor level air yang digunakan memiliki tingkat keakuratan pengukuran mendekati nilai pengukuran yang dilakukan dengan meteran.

Tabel 2. Pengujian sensor DS18B20

Cairan ke-	Hasil Pengukuran (°C)		Error Persen (%)
	Termometer	DS18B20	
1	29,5	29,12	1,305
2	32,5	32,31	0,588
3	35	35,5	1,408
4	34	34,13	0,381
5	10	10,19	1,864
6	17,5	17,75	1,408
7	21	20,75	1,204
8	22	21,62	1,758
9	24	23,75	1,053
10	26	26,50	1,887
Rata-rata			1,286

Tabel 3. Pengujian sensor kekeuhan

Cairan ke-	Hasil Pengukuran (NTU)		Error Persen (%)
	Turbidity meter	Sensor Keruh	
1	0	0	0
2	0,21	0	0
3	0,49	0	0
4	0,80	0	0
5	13,8	14	1,429
6	12,9	13	0,769
7	156	156	0
8	157	158	0,633
9	159	160	0,625
Rata-rata			0,346

Tabel 4. Pengujian sensor level air

No	Ketinggian (cm)	Nilai ADC	Sensor level air (cm)	Error Persen(%)
1	0	85	0	0
2	1	96	1,2	16.67
3	5	156	5,7	12.28
4	10	213	10,2	1.96
5	15	252	15,5	3.23
6	20	281	20,9	4.30
7	25	311	25,8	3.10
8	30	336	30,6	1.96
9	35	359	35,4	1.13
10	40	383	40,4	0.99
11	45	405	44,9	0.22

**D. Pengujian Sensor Level Air**

Pengujian sensor level air dilakukan pada 11 tingkat ketinggian yaitu 0 cm, 1 cm, 5cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm. Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran oleh sensor level air dan hasil pengukuran oleh meteran memiliki nilai nilai *error* persen terkecil 0% dan terbesar 16,67%. Hal ini menunjukkan sensor level air yang digunakan memiliki tingkat keakuratan pengukuran mendekati nilai pengukuran yang dilakukan dengan meteran.

**E. Pengujian Alat pada Akuarium Tanpa Ikan**

Dari tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian alat padahari pertama. Keekeruhan air selama 3 hari berada dalam kondisi jernih. Hal ini karena air dalam akuarium tidak terkontaminasi oleh partikel partikel lain. Grafik kekeruhan air selama 3 hari tersebut dapat dilihat pada gambar 8. Sedangkan suhu selama 3 hari mengalami kenaikan dan juga penurunan. Hal ini karena suhu pada akuarium juga dipengaruhi oleh suhu ruang. Saat malam hari suhu ruang cenderung menurun dan pada siang hari suhu ruang meningkat tergantung cuaca yang terjadi pada hari tersebut. Grafik suhu air dapat dilihat pada gambar 9.

**F. Pengujian Alat pada Akuarium dengan Ikan**

Pengujian alat pada akuarium ikan dilakukan selama 15 hari. Tabel 6 dan tabel 7 menunjukkan hasil pengujian alat pada akuarium di hari pertama dan hari ke lima belas. Data pada tabel 6 dan 7 merupakan perbandingan hasil kerja alat dengan hasil perhitungan *fuzzy*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kecocokan sistem secara teori dan juga saat pengaplikasian sistem pada alat.

Tabel 5. Data pengujian alat pada akuarium tanpa ikan di hari pertama

Jam Ke-	Kekeruhan(NTU)	Suhu(°C)	Kondisi
1	1	27	All off
2	2	27	All off
3	2	27	All off
4	2	27	All off
5	2	28	All off
6	1	30	Pompa on
7	2	30	Pompa on
8	2	30	Pompa on
9	2	30	Pompa on
10	2	29	All off
11	2	29	All off
12	2	29	All off
13	2	28	All off
14	2	28	All off
15	2	28	All off
16	2	27	All off
17	2	27	All off
18	2	29	All off
19	1	28	All off
20	2	25	Heater on
21	2	26	Heater on
22	2	29	All off
23	2	29	All off
24	2	28	All off

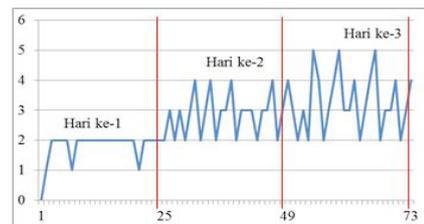
Data pada tabel 6 dan 7 juga menunjukkan jumlah ikan pada awal pengujian alat yang berjumlah 20 ekor hingga akhir pengujian alat yang berjumlah 17 ekor. Selain itu, dapat dilihat bahwa tidak semua hasil yang ditunjukkan oleh alat sama dengan hasil secara perhitungan *fuzzy*. Dari 360 data, terdapat 64 data yang hasilnya tidak sesuai dan tidak terdefinisi. Data yang tidak sesuai sebanyak 35 data dan 29 data yang tidak terdefinisi.

Atau dalam bentuk presentase terdapat 9,72% data yang tidak sesuai dan 8,05% data yang tidak terdefinisi. Data yang tidak sesuai yaitu data yang memiliki nilai suhu 30°C dan 27°C. Pada suhu 30°C hasil pada sistem alat yaitu “pompa on” dan secara perhitungan *fuzzy* hasilnya yaitu “all off”. Pada suhu 27°C hasil pada sistem alat yaitu “all off” dan secara perhitungan *fuzzy* hasilnya yaitu “heater on”. Hal ini disebabkan karena nilai suhu 30°C dan 27°C terletak pada daerah perpotongan segitiga.

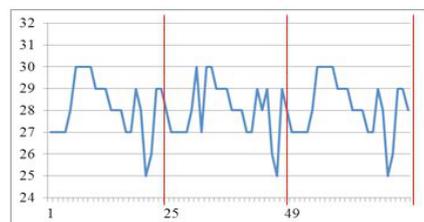
Untuk 29 data yang tidak terdefinisi yaitu data yang memiliki nilai suhu 25°C. Pada suhu 25°C hasil pada sistem alat yaitu “heater on” dan secara perhitungan *fuzzy* hasilnya yaitu “tidak terdefinisi”. Hasilnya secara perhitungan *fuzzy* menjadi tidak terdefinisi karena nilai suhu 25°C memiliki derajat keanggotaan 0 sehingga hasil dari *Center of Area* (COA) menjadi tidak terdefinisi juga.

Dari gambar 10 dapat dilihat dari hari ke-1 sampai hari ke-15 tingkat kekeruhan air pada akuarium semakin meningkat. Tingkat kekeruhan paling rendah berada pada nilai 6 dan tingkat kekeruhan tertinggi berada pada nilai 133. Tingkat kekeruhan air pada akuarium semakin meningkat dikarenakan air akuarium terkontaminasi oleh makanan (konsentrat) ikan itu sendiri. Setiap hari ikan patin pada akuarium diberi konsentrat lebih dari 3 kali sehari. Selain karena konsentrat ikan, kekeruhan air pada akuarium juga disebabkan oleh sisa metabolisme dari ikan patin yang terdapat pada akuarium. Sehingga semakin hari kekeruhan air pada akuarium semakin meningkat.

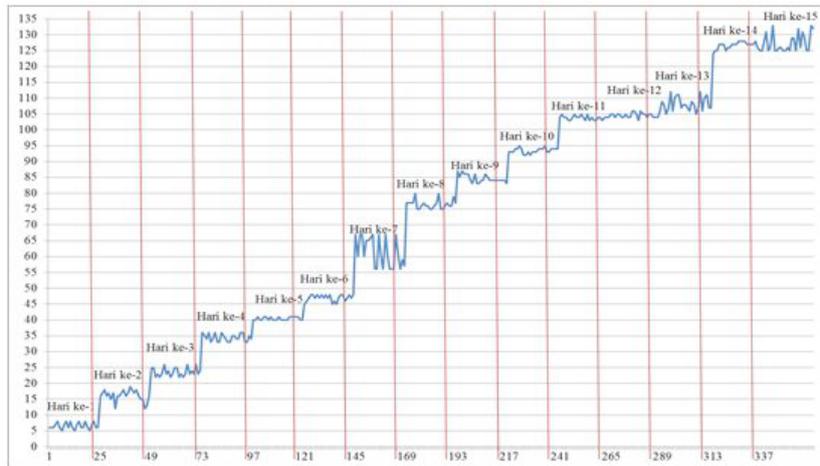
Dari gambar 11 dapat dilihat dari hari ke-1 sampai hari ke-15 suhu air pada akuarium naik turun. Suhu paling rendah mencapai nilai 25°C dan suhu paling tinggi mencapai nilai 31°C. Hal ini disebabkan karena suhu pada akuarium juga dipengaruhi oleh suhu ruang. Saat malam hari suhu ruang cenderung menurun dan pada siang hari suhu ruang meningkat tergantung cuaca yang terjadi pada hari tersebut.



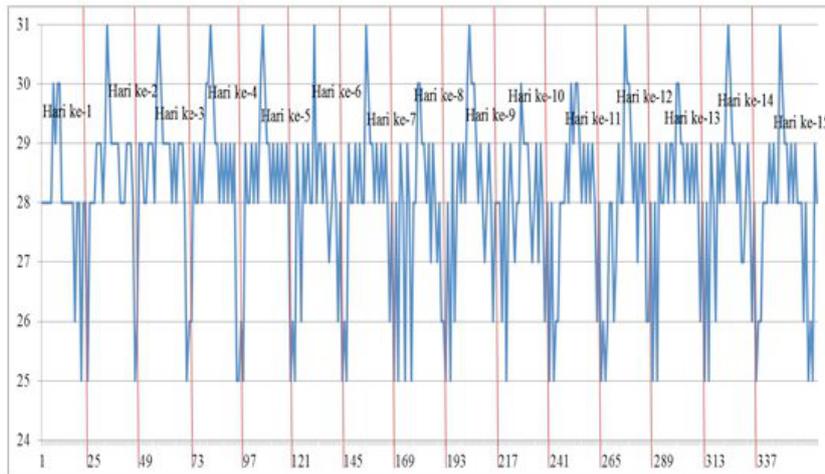
Gambar 11. Grafik kekeruhan air selama 3 hari pada akuarium tanpa ikan



Gambar 12. Grafik suhu air selama 3 hari pada akuarium tanpa ikan



Gambar 13. Grafik kekeruhan akuarium dengan ikan selama 15 hari berturut turut



Gambar 14. Grafik suhu akuarium dengan ikan selama 15 hari berturut turut

Tabel 6. Pengujian alat pada akuarium dengan ikan di hari pertama

Jam Ke-	Kekeruhan (NTU)	Suhu (°C)	Tindakan Alat	COA	Tindakan Perhitungan	Jumlah Ikan
1	6	28	All off	5.967742	All Off	20
2	6	28	All off	5.967742	All Off	
3	6	28	All off	5.967742	All Off	
4	7	28	All off	5.935484	All Off	
5	8	28	All off	5.903226	All Off	
6	6	30	Pompa On	5.967742	All Off	
7	5	29	All off	5.333333	All Off	
8	7	30	Pompa On	5.935484	All Off	
9	8	30	Pompa On	5.903226	All Off	
10	6	28	All off	5.967742	All Off	
11	8	28	All off	5.903226	All Off	
12	6	28	All off	5.967742	All Off	
13	5	28	All off	5.333333	All Off	
14	7	28	All off	5.935484	All Off	
15	8	28	All off	5.903226	All Off	
16	6	26	Heater On	2.967742	Heater On	
17	6	28	All off	5.967742	All Off	
18	8	28	All off	5.903226	All Off	
19	6	25	Heater On	Tidak terdefinisi	Heater On	
20	5	28	All off	5.333333	All Off	
21	7	28	All off	5.935484	All Off	
22	8	25	Heater On	Tidak terdefinisi	Heater On	
23	6	28	All off	5.967742	All Off	
24	6	28	All off	5.967742	All Off	

Tabel 7. Pengujian alat pada akuarium dengan ikan di hari ke lima belas

Jam Ke-	Kekeruhan (NTU)	Suhu (°C)	Tindakan Alat	COA	Tindakan Perhitungan	Jumlah Ikan
1	128	28	All off	5.967742	All Off	17
2	131	29	Pompa On	8.454545	Pompa On	
3	125	28	All off	5.870968	All Off	
4	126	29	All off	5.903226	All Off	
5	133	28	Pompa On	8.090909	Pompa On	
6	125	28	All off	5.870968	All Off	
7	125	31	Pompa On	8.870968	Pompa On	
8	126	30	Pompa On	5.903226	All Off	
9	126	29	All off	5.903226	All Off	
10	125	29	All off	5.870968	All Off	
11	125	28	All off	5.870968	All Off	
12	126	29	All off	5.903226	All Off	
13	125	28	All off	5.870968	All Off	
14	129	29	Pompa On	8.818182	Pompa On	
15	129	28	Pompa On	8.818182	Pompa On	
16	125	28	All off	5.870968	All Off	
17	132	28	Pompa On	8.272727	Pompa On	
18	126	26	Heater On	2.903226	Heater On	
19	131	28	Pompa On	8.454545	Pompa On	
20	129	25	Pompa On	Tidak terdefinisi	Heater On	
21	125	26	Heater On	2.870968	Heater On	
22	125	25	Heater On	Tidak terdefinisi	Heater On	
23	133	29	Pompa On	8.090909	Pompa On	
24	132	28	Pompa On	8.272727	Pompa On	

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengontrol kondisi air kolam ikan berdasarkan suhu dan tingkat kekeruhan air memiliki nilai rata rata *error* persen pengukur suhu sebesar 1,286% dan rata rata sensor kekeruhan sebesar 0,346%. Dari 360 data, terdapat 64 data yang hasilnya tidak sesuai dan tidak terdefinisi. Data yang tidak sesuai sebanyak 35 data atau 9,72% dan data yang tidak terdefinisi sebanyak 29 data atau 8,05%.
2. Jumlah ikan pada awal pengujian pengontrol kondisi air kolam ikan patin menggunakan sistem fuzzy yaitu 20 ekor hingga akhir pengujian berjumlah 17 ekor.

## REFERENSI

- [1] Aldaka, Ranu Adi. 2014. "Sistem Otomatisasi Pengkodisian Suhu, pH, dan Kejernihan Air Kolam Pada Pembudidayaan Ikan Patin". Jurnal Seminar Hasil.
- [2] Nuzula, Nike Ika., Endarko. 2013. "Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Kekeruhan Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535". Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol. 4 (1): 1–6. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] Hedlyni. 2011. "Pendeteksi Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Sensor Fototransistor dan Led Inframerah". Padang: Universitas Andalas.

