

## Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*

Dimas Guntoro<sup>1</sup>, Gembong Edhi Setiawan<sup>2</sup>, Hurriyatul Fitriyah<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>msdigun@gmail.com, <sup>2</sup>gembong@ub.ac.id, <sup>3</sup>hfitriyah@ub.ac.id

### Abstrak

Pengolahan air merupakan hal utama yang harus diperhatikan saat budidaya ikan gurame dan derajat keasaman memegang peranan yang sangat penting untuk kesehatan ekosistem bawah air, karena jika derajat keasaman tidak tersedia sesuai kebutuhan maka dapat menjadi racun bagi ikan. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya penelitian terkait dengan sistem otomatisasi untuk mengendalikan nilai derajat keasaman sesuai dengan kebutuhan ikan gurame. Pada penelitian ini terdapat 2 sensor yaitu sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler arduino menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Metode *Fuzzy Mamdani* dipilih untuk mengendalikan derajat keasaman air sesuai kebutuhan ikan gurame dengan cara menambahkan air sebanyak yang ditentukan dari hasil perhitungan *Fuzzy Mamdani* sebagai titik pusat z. Dari hasil beberapa pengujian yang dilakukan diketahui persentase error pembacaan sensor pH meter SEN0161 adalah sebesar 2,569 % dan persentase error pembacaan sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sebesar 2,992 %. Pada pengujian sistem pengontrolan derajat keasaman air menggunakan *Fuzzy Mamdani* yang dilakukan sebanyak 10 kali, diperoleh akurasi sebesar 80% dengan waktu komputasi rata-rata selama 0,693 detik.

**Kata kunci:** Derajat keasaman, Gurame, sensor pH meter SEN0161, sensor Ultrasonik HC-SR04, *Fuzzy Mamdani*.

### Abstract

*Water treatment is the main thing that must be considered when gurame fish culture and the degree of acidity plays a very important role for the health of underwater ecosystems, because if the degree of acidity is not available as needed then it can be toxic to fish. Based on these problems, the need for research related to the automation system to control the value of acidity degree in accordance with the needs of gurame fish. In this research there are 2 sensors namely pH meter SEN0161 sensor and Ultrasonic sensor HC-SR04 with arduino microcontroller using Fuzzy Mamdani method. The Fuzzy Mamdani method was chosen to control the acidity of the water according to the needs of the gurame fish by adding as much water as determined from Fuzzy Mamdani calculation as the center point z. From the results of several tests performed known error percentage reading pH meter SEN0161 is 2,569% and the error percent reading Ultrasonic sensor HC-SR04 is equal to 2,992%. In testing the water acidity control system using Fuzzy Mamdani done 10 times, 80% accuracy with average computation time of 0,693 seconds.*

**Keywords:** Degree of acidity, Gurame, pH meter SEN0161 sensor, Ultrasonic sensor HC-SR04, *Fuzzy Mamdani*.

### 1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan makhluk hidup yang berhabitat didalam air. Setiap ikan memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda dalam parameter airnya. Ikan air tawar merupakan ikan yang bisa hidup dalam kandungan kadar garam terlarut rendah yaitu kurang dari 5 PPT. Pada saat ini banyak bisnis berkembang di Indonesia,

salah satunya bisnis yang bergerak di sektor perikanan. Salah satu contoh bisnis yang bergerak di sektor perikanan yaitu budidaya ikan air tawar. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (Potensi usaha budidaya ikan air tawar, 2015) kenaikan budidaya ikan air tawar di Indonesia menyumbangkan angka hingga 1,1 juta ton. Oleh karena itu peluang usaha dalam bisnis

budidaya ikan air tawar cukup menjanjikan untuk digeluti.

Ikan air tawar mempunyai banyak jenis yang dapat dibudidayakan. Ikan gurame merupakan salah satu ikan air tawar yang berpotensi untuk dibudidayakan. Pada saat ini harga induk gurame berkisar diangka Rp. 75.000/ekor dengan berat 2kg (Bachtiar, 2010). Harga gurame memang tidak murah dan cenderung stabil tidak seperti ikan lainnya yang cenderung merosot saat panen raya (susanto, 1989).

Pengolahan air merupakan hal utama yang harus diperhatikan saat budidaya ikan gurame. Menjaga kualitas air tetap stabil dapat melindungi larva dari perubahan cuaca. Ada beberapa syarat keadaan ideal untuk budidaya ikan gurame menurut Bachtiar (Bachtiar, 2010) yaitu suhu air berkisar 28-32 derajat celcius tingkat derajat keasaman (pH) berkisar 6,5-7 dan oksigen 1-6ppm Derajat keasaman atau pH air berpengaruh terhadap pembentukan senyawa kimia didalam air. Senyawa beracun akan bersifat toksik pada pH rendah sementara pembentukan rangka karang melalui proses kalsifikasi membutuhkan pH tinggi (Samawi, 2015).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saidul (2016) pada penelitian ini berhasil melakukan pengontrolan pada kolam ikan kerapu macan. Pada penelitian tersebut hanya melakukan pengontrolan derajat keasaman hanya menggunakan logika bukan dengan menggunakan suatu metode. Pengontrolan derajat keasaman ini bisa dibilang masih belum efektif karena ketika nilai derajat keasaman berada diluar batas atas maupun bawah maka akan melakukan..penambahan air baru secara berkala dan terlalu banyak waktu untuk melakukan operasinya karena penambahan air secara berkala yang tidak selalu langsung mendapat nilai derajat keasaman yang diinginkan.

## 2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

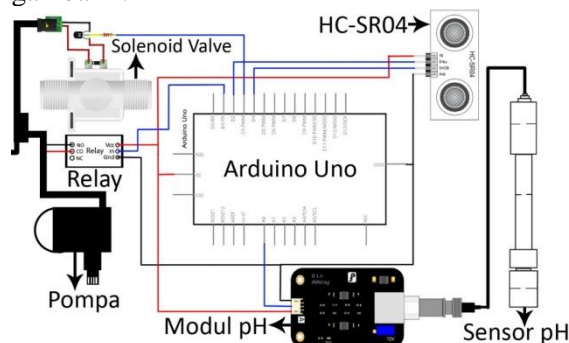
Berikut adalah proses perancangan dan implementasi dari sistem.

### 2.1 PERANCANGAN SISTEM

#### 2.1.1 PERANCANGAN HARDWARE

Perancangan perangkat keras dalam sistem ini adalah sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04, Arduino Uno, solenoid

valve, relay dan pompa. Perancangan perangkat keras bisa dilihat diagram skematiknya pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Skematik Sistem

Pada diagram skematik diatas terlihat bagaimana susunan rangkaiannya.

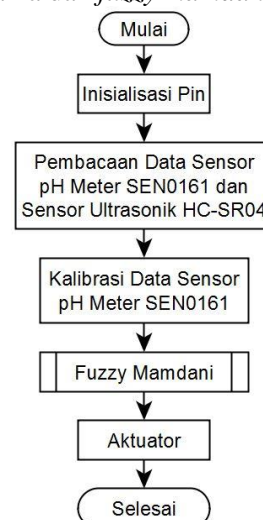
Tabel 1. Koneksi Pin

Arduino Uno	SEN0161	HC-SR04	Relay	Solenoid Valve
5V	VCC	VCC	VCC	
GND	GND	GND	GND	
A0	Po			
D1			IN1	
D2		Trig		
D3				Data
D4		Echo		

Hubungan antar pin pada perangkat keras dijabarkan pada tabel 1. Dimana Arduino Uno sebagai mikrokontroler, SEN0161 sebagai sensor dderajat keasaman, HC-SR04 ssebagai sensor Ultrasonik, Relay sebagai aktuatur modul saklar dan Solenoid Valve sebagai aktuatur kran otomatis. Pada relay terhubung pada pompa dengan kondisi awal OFF dan solenoid valve dengan kondisi awal Close.

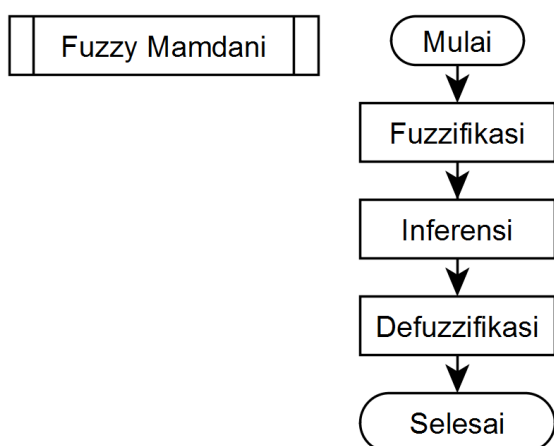
#### 2.1.2 PERANCANGAN SOFTWARE

Perancangan perangkat lunak adalah program utama dan *fuzzy mamdani*.



Gambar 2. Diagram alir perancangan perangkat lunak program Utama

- A. Sistem dimulai dari inialisasi pin pada arduino untuk membedakan mana yang input dan mana yang output.
- B. Pembacaan data sensor dari kedua sensor yaitu sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04.
- C. Dilakukan proses kalibrasi pada pembacaan sensor pH meter SEN0161 yang dilakukan didalam kode program.
- D. Pemanggilan fungsi *Fuzzy Mamdani*.
- E. Setelah itu didapatkan hasil perhitungan dari *Fuzzy Mamdani* yang menentukan apakah didalam kolam membutuhkan pH Up ataupun pH Down lalu didapat juga berapa banyak liter air yang akan ditambahkan dalam kolam.

Gambar 3. perancangan metode *fuzzy mamdani*A. *Fuzzifikasi*

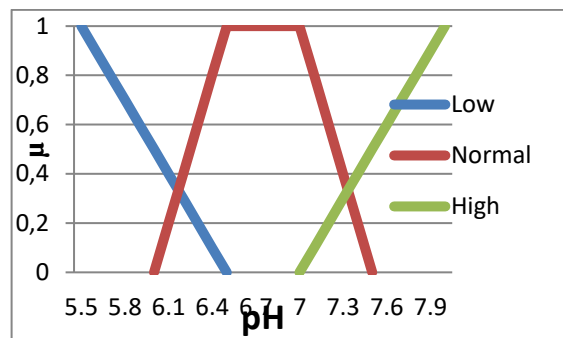
*Fuzzifikasi* merupakan proses pembentukan himpunan dan keanggotaan setiap parameter lalu didapatkan aturan.

## 1. Himpunan Sensor pH Meter SEN0161

$$\mu[\text{Low}] = \begin{cases} 1, & x < 5,5 \\ \frac{6,5-x}{6,5-5,5}, & 5,5 \leq x \leq 6,5 \\ 0, & x > 6,5 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x < 6 \\ \frac{x-6}{6,5-6}, & 6 \leq x \leq 6,5 \\ 1, & 6,5 \leq x \leq 7 \\ \frac{7,5-x}{7,5-7}, & 7 \leq x \leq 7,5 \\ 0, & x > 7,5 \end{cases}$$

$$\mu[\text{High}] = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ \frac{x-7}{7-8}, & 7 \leq x \leq 8 \\ 1, & x > 8 \end{cases}$$

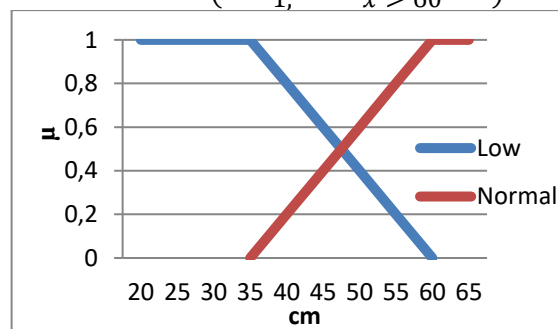


Gambar 4. Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor pH Meter

## 2. Himpunan Sensor Jarak HC-SR04

$$\mu[\text{Low}] = \begin{cases} 1, & x < 35 \\ \frac{60-x}{60-35}, & 35 \leq x \leq 60 \\ 0, & x > 60 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x < 35 \\ \frac{x-35}{60-35}, & 35 \leq x \leq 60 \\ 1, & x > 60 \end{cases}$$

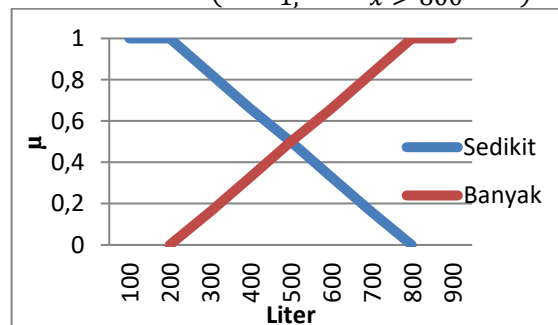


Gambar 5. Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor HC-SR04

## 3. Himpunan Penambahan Air

$$\mu[\text{Short}] = \begin{cases} 1, & x < 200 \\ \frac{800-x}{800-200}, & 200 \leq x \leq 800 \\ 0, & x > 800 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Banyak}] = \begin{cases} 0, & x < 200 \\ \frac{x-200}{800-200}, & 200 \leq x \leq 800 \\ 1, & x > 800 \end{cases}$$



Gambar 6. Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Penambahan Air

Setelah pembentukan himpunan dan keanggotaan pada setiap parameter dibuatlah Aturan Fuzzy. Secara logika peraturan pada *Fuzzy* yang menentukan pemrosesan masukan dan memetakan pada keluaran. Penentuan

himpunan pada output didapatkan dari perhitungan manual dengan kondisi tertentu pada kolam ikan gurame.

Tabel 2 Dasar penentuan output

No.	pH Meter SEN0161	Ultrasonik HC-SR04	Titik Pusat (z)	Durasi
1.	6,3	36	535,75	Banyak
2.	6,4	40	464,78	Sedikit
3.	6,4	54	449,39	Sedikit
4.	6,6	38	557,53	Banyak
5.	6,6	44	542,92	Banyak
6.	7	50	500,8	Banyak
7.	7	56	515,42	Banyak
8.	7,1	40	464,78	Sedikit
9.	7,1	49	428,54	Sedikit
10.	7,1	55	464,78	Sedikit

Dalam metode *Fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang dipakai adalah fungsi min. Dalam pembuatan aturan, penulis membuat dengan “IF” dan “AND” dan menghasilkan perintah “THAN”. Dalam sistem ini memiliki 6 aturan fuzzy untuk digunakan dalam perhitungan fuzzy.

Tabel 3 Aturan fuzzy

No.	pH	HC-SR04	Durasi
1	High	Normal	Sedikit
2	High	Low	Sedikit
3	Normal	Normal	Banyak
4	Normal	Low	Banyak
5	Low	Normal	Sedikit
6	Low	Low	Banyak
1	High	Normal	Sedikit
2	High	Low	Sedikit
3	Normal	Normal	Banyak
4	Normal	Low	Banyak

#### B. Penalaran (*Inferensi*) Fuzzy

Penalaran atau *Inferensi* adalah proses mengolah input untuk dapat menghasilkan nilai output melalui aturan yang sudah dibuat sebelumnya. Nilai  $\alpha$  dari setiap aturan kemudian dipetakan pada fungsi keanggotaan keluaran dan membuat sebuah fungsi keanggotaan baru. Rumusan inferensi adalah dalam persamaan sebagai berikut.

$$\mu A \cap B[x] = \min(\mu A[x], \mu B[x])$$

Setelah nilai input selesai melakukan proses inferensi, maka nilai tersebut dipakai untuk melakukan proses yang selanjutnya yaitu komposisi antar aturan.

#### C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses yang terakhir dari perhitungan fuzzy yang akan menentukan nilai titik pusat (z). Defuzzifikasi sendiri memiliki tahapan dalam menentukan nilai titik pusat (z), yang pertama dicarinya nilai terbesar dan terkecil terlebih dahulu dari semua aturan yang ada, lalu menghitung nilai “a1” dan “a2”, selanjutnya menghitung nilai momen M1, M2, dan M3, lalu hitung luas setiap daerah A1, A2, dan A3, dan yang terakhir didapatlah nilai

titik pusat (z). Rumus Defuzzifikasi dalam setiap tahapannya dalam persamaan sebagai berikut:

$$a1 = (Minimum * 600)/200$$

$$a2 = (Maximum * 600)/200$$

$$\mu[z] = \begin{cases} Minimum ; & z \leq a1 \\ (z - 200) / 600 ; & a1 \leq z \leq a2 \\ Maximum ; & z \geq a2 \end{cases}$$

$$M1 = \int_0^{a1} (Minimum) z dz = (Minimum / 2) z^2 \Big|_0^{a1}$$

$$M3 = \int_{a1}^{a2} \frac{(z - 200)}{600} z dz =$$

$$\int_{a1}^{a2} (0,00166 z^2 - 0,33 z) dz = 0,00055667 z^3 - 0,167 z^2 \Big|_{a1}^{a2}$$

$$M3 = \int_{a2}^{800} (Maximum) z dz = (Maximum / 2) z^2 \Big|_{a2}^{800}$$

$$A1 = a1 * Minimum$$

$$A2 = (Minimum + Maximum) * ((a2 - a1) / 2)$$

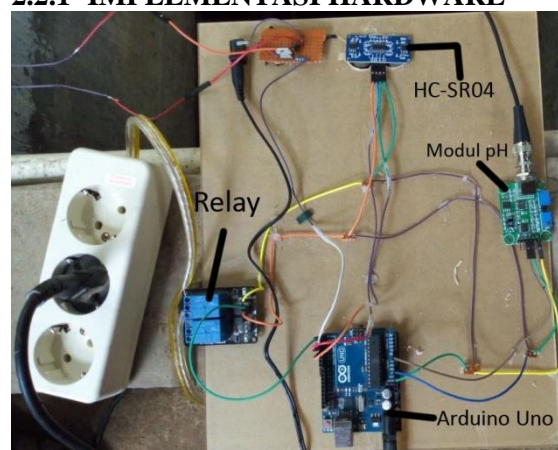
$$A3 = (800 + a2) * Maximum$$

$$z = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3}$$

## 2.2 IMPLEMENTASI SISTEM

Implementasi sistem akan terbagi menjadi implementasi perangkat keras dan perangkat lunak.

### 2.2.1 IMPLEMENTASI HARDWARE



Gambar 7. Hasil implementasi hardware

Pengimplementasian perangkat keras yang mencakup komponen elektronik antara lain Arduino Uno, sensor pH meter SEN0161, modul pH meter, sensor Ultrasonik, pompa air, Solenoid Valve, Relay dan PCB sebagai pelengkap dan penghubung untuk antar VCC



dengan VCC dan Ground dengan Ground.

### 2.2.2 IMPLEMENTASI SOFTWARE

Implementasi software sepenuhnya dilakukan didalam Arduino IDE, mulai dari pengambilan data sensor hingga *fuzzy mamdani*.

## 3. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Adapun tujuan dilakukannya pengujian ada untuk mengetahui apakah semua kebutuhan yang diharapkan telah terpenuhi oleh sistem.

### 3.1 PENGUJIAN KEAKURATAN SENSOR

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kerja sensor. Pada sistem ini menggunakan 2 buah sensor yaitu sensor derajat keasaman pH meter SEN0161 dan sensor ultrasonik HC-SR04.

#### 3.1.1 SENSOR pH METER SEN0161

Tabel 4 Hasil pembacaan sensor SEN0161

No.	pH Meter SEN0161	pH Meter	Error
1.	3,76	4,0	6%
2.	3,93	4,2	6,42%
3.	4,11	4,4	6,59%
4.	4,34	4,6	5,65%
5.	4,58	4,8	4,58%
6.	4,82	5,0	3,6%
7.	5,07	5,2	2,5%
8.	5,28	5,4	2,22%
9.	5,46	5,6	2,85%
10.	5,68	5,8	2,06%
11.	5,9	6,0	1,66%
12.	6,17	6,2	0,48%
13.	6,43	6,4	0,46%
14.	6,68	6,6	1,21%
15.	6,81	6,8	0,14%
16.	6,98	7,0	0,28%
17.	7,18	7,2	0,27%
18.	7,50	7,4	1,35%
19.	7,69	7,6	1,18%
20.	7,94	7,8	1,79%
21.	8,22	8,0	2,75%
Rata-rata			2,569%

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel diatas didapatkan rata-rata *error* yang dihasilkan sangat kecil yaitu 2,569 % dengan menggunakan sensor pH meter SEN0161 yang sudah dikalibrasi, hasil tersebut diukur dengan acuan hasil pengambilan data derajat keasaman dengan menggunakan pH meter.

#### 3.1.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tabel 5 Hasil pembacaan sensor HC-SR04

No.	HC-SR04 (cm)	Meteran (cm)	Error
1.	5,26	5	5,2%
2.	9,56	10	4,4%
3.	14,53	15	3,13%

4.	19,40	20	3%
5.	24,29	25	2,44%
6.	29,09	30	3,03%
7.	34,14	35	2,45%
8.	39,05	40	2,37%
9.	43,93	45	2,37%
10.	49,03	50	1,94%
11.	53,36	55	2,98%
12.	58,74	60	2,1%
13.	63,13	65	2,87%
14.	68,59	70	2,01%
15.	73,64	75	1,81%
16.	78,07	80	2,41%
17.	83,38	85	1,9%
18.	87,29	90	3,01%
19.	92,77	95	2,47%
20.	92,05	100	7,95%
Rata-rata			2,992%

Penulis menganalisis pengambilan data sensor sebelum kontrol fuzzy dijalankan. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel diatas didapatkan rata-rata *error* yang dihasilkan sangat kecil yaitu 2,992 % yang mana hasil tersebut membandingkan antara sensor HC-SR04 dan meteran.

### 3.2 PENGUJIAN FUZZY MAMDANI

Dalam sistem ini *fuzzy mamdani* dipilih karena keluaran dari logika *fuzzy mamdani* berupa nilai kisaran yang nantinya akan dipilih sebagai titik pusat *z* dari nilai kisaran yang ditentukan.

Tabel 6 Hasil Pengujian Fuzzy Mamdani

No	Kondisi Awal		Hasil perubahan	
	Derajat Keasaman	Ketinggian Air	Derajat Keasaman	Keterangan
1.	6,4	37	6,7	Berhasil
2.	6,4	43	6,6	Berhasil
3.	6,4	48	6,5	Berhasil
4.	6,4	54	6,5	Berhasil
5.	6,4	59	6,4	Gagal
6.	7,1	36	6,7	Berhasil
7.	7,1	42	6,8	Berhasil
8.	7,1	47	7	Berhasil
9.	7,1	53	7	Berhasil
10.	7,1	59	7,1	Gagal

Dalam pengujian fuzzy mamdani ini dikatakan berhasil jika sensor mendeteksi derajat keasaman berada diluar kebutuhan ikan Gurame lalu sistem akan melakukan tindakan untuk mengembalikan nilai derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan Gurame yaitu pH 6,5 hingga pH 7. Sistem akan dianggap gagal jika pH tidak kembali dikisaran pH 6,5 hingga derajat keasaman 7 setelah melakukan tindakan. Hasil dari 10 kali percobaan menunjukkan 2 kali percobaan tidak kembali kedalam kisaran derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan gurame.

### 3.3 PENGUJIAN WAKTU KOMPUTASI

## SISTEM

Pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem dimulai dari sistem dijalankan hingga dapat menentukan nilai titik pusat (z) dari perhitungan *fuzzy mamdani*.

Tabel 7 Hasil pengujian waktu komputasi

No.	Nama Pengujian	Waktu Komputasi (ms)
1.	Pengujian ke-1	689
2.	Pengujian ke-2	691
3.	Pengujian ke-3	699
4.	Pengujian ke-4	694
5.	Pengujian ke-5	690
6.	Pengujian ke-6	696
7.	Pengujian ke-7	693
8.	Pengujian ke-8	698
9.	Pengujian ke-9	692
10.	Pengujian ke-10	697
	Rata-rata	693,9

Berdasarkan tabel 6.4 diatas hasil pengujian yang dilakukan 10 kali, waktu komputasi sensor untuk membaca data rata-rata waktu sebesar 693,9 ms atau sekitar 0,693 detik. Waktu komputasi pada pengujian fuzzy mamdani ini tidak termasuk waktu delay pada titik pusat z dan juga tidak termasuk dari delay untuk kestabilan yang diberikan pada sensor pH meter selama 3 menit.

## 4. KESIMPULAN

Keakuratan sensor derajat keasaman pH meter SEN0161 rata-rata error yang cukup yakni 2,569 % sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan cukup baik karena dapat membaca perubahan derajat keasaman dalam air yang berbeda dengan perubahan nilai yang kecil sekalipun. Selain itu sensor ini membutuhkan waktu 3 menit untuk mendapatkan nilai yang stabil dari awal sistem mulai dijalankan. Dan sensor Ultrasonik HC-SR04 dapat membaca ketinggian air dengan baik dengan rata-rata error yang kecil sekali yaitu 2,992 % sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan baik.

Hasil yang diperoleh Sistem Pengontrolan Derajat Keasaman dengan fuzzy mamdani ini yang diuji sebanyak 10 kali adalah 80 %. Dalam pengujian fuzzy mamdani ini dikatakan berhasil jika sensor mendeteksi derajat keasaman berada diluar kebutuhan ikan Gurame lalu sistem akan melakukan tindakan untuk mengembalikan nilai derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan Gurame yaitu pH 6,5 hingga pH 7. Sistem akan dianggap gagal jika pH tidak kembali dikisaran pH 6,5 hingga pH 7 setelah melakukan tindakan.

Waktu komputasi dalam satu siklus perhitungan fuzzy mamdani rata-rata sebesar 0,693 detik dari 10 kali pengujian. Waktu komputasi pada pengujian fuzzy mamdani ini

tidak termasuk waktu delay pada titik pusat z dan juga tidak termasuk dari delay untuk kestabilan yang diberikan pada sensor pH meter selama 3 menit.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Admin. *Penjelasan Metode Fuzzy Mamdani*. t.thn. <http://www.sistemphp.com/penjelasan-metode-Fuzzy-mamdani> (diakses 30 Januari, 2017).
- Bachtiar, Ir. Yusuf. *Buku Pintar Budi Daya & Bisnis Gurami*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka, 2010.
- Communica. *Sensor Derajat Keasaman (pH) Air Meter SEN0161 dan Modul pH Sensor*. 2016. <http://www.communica.co.za/catalog/Details/P2828768601> (diakses Maret 7, 2017).
- Durachman, Drs. Ir. MM. "Teknik Budidaya IKAN GURAME." *pustaka.litbang.pertanian.go.id*. 04 02 2018. [pustaka.litbang.pertanian.go.id/agritek/jwbr0208.pdf](http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/agritek/jwbr0208.pdf).
- Elijah J. Morgan. "HCSR04 Ultrasonic Sensor Datasheet." *HCSR04 Ultrasonic Sensor*, 2014.
- Kottelat, Maurice, dan Anthony J. Whitten. *Freshwater Fishes of Western Indonesia*. Univ of New South Wales, 1996.
- LLC, Industrial PC Pro. *2 Channel 5V Relay Module*. 2017. <http://www.nexuscyber.com/2-channel-5v-relay-module> (diakses Februari 4, 2017).
- Potensi usaha budidaya ikan air tawar*. 2015 September 2015. <http://news.kkp.go.id/index.php/potensi-usaha-budidaya-ikan-air-tawar/>.
- Saidul. *Pengontrolan pH Air secara Otomatis Pada Kolam Pembenihan Ikan Kerapu Macan Berbasis Arduino*. Tanjung Pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji, Fakultas Teknik, 2015.
- Weber, Max Wilhelm Carl, L. F. Beaufort, dan Pieter Bleeker. *The Fishes of The Indo-Australian Archipelago*. Published material, 1991.