

# Smart Aquarium IoT System dengan Metode Fuzzy untuk Klasifikasi Kualitas Air Berdasarkan Suhu, pH, dan Kekeruhan

Arip Kristiyanto

Sistem Informasi (Kampus Kota Serang), Ilmu Komputer, Universitas Pamulang

E-mail: [dosen10027@unpam.ac.id](mailto:dosen10027@unpam.ac.id)

## Abstrak

Dari 1.100 spesies ikan hias air tawar di bumi ini, 400an spesies setidaknya terdapat di Indonesia. Para pencinta ikan hias masih banyak yang belum memperhatikan hal apa saja yang perlu diperhatikan dalam memelihara ikan hias ini seperti wadah, lingkungan akuarium (air, Ph, suhu, pencahayaan dan pakan). Suhu ideal ikan guppy kisaran 25° C - 32° C. Nilai pH optimal untuk ikan hias air tawar umumnya berkisar antara 6 sampai 8. Dengan teknologi IoT permasalahan diatas dapat dipecahkan dengan mengembangkan Smart Aquarium IoT System. Sistem ini akan memenejemen kondisi kualitas air dan pakan secara otomatis. Penelitian ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler, sensor pH, sensor suhu, turbidity sebagai inputan dan metode fuzzy tsukamoto sebagai klasifikasi kondisi kualitas air. Ubidots sebagai server Internet of Things. Berdasarkan hasil pengujian pembacaan suhu rata-rata error 0,30 %, sensor pH rata-rata error 0,62 % dan sensor turbidity mampu mendeteksi air keruh dan tidak keruh. Sistem ini dapat dimonitoring secara realtime dan mampu memberikan notifikasi ketika kualitasair rendah.

**Kata Kunci**—IoT, Ikan hias, Kualitas air, Fuzzy

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia dinyatakan sebagai Negara “*Mega biodiversity*” dari 1.100 spesies ikan hias air tawar yang ada di dunia, 300 spesies diantaranya berasal dari Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan volume produksi ikan hias nasional terus mengalami peningkatan dari 1,314 milyar ekor pada tahun 2015 menjadi 1,684 milyar ekor pada tahun 2019. Demikian pula dari sisi permintaan, nilai ekspor ikan hias asal Indonesia melonjak dari 21 juta USD pada tahun 2012 menjadi 30,8 juta USD pada tahun 2020 [1].

Air bersih merupakan sumber utama yang sangat diperlukan makhluk hidup, khususnya dalam bidang perikanan dan pertanian. Budidaya ikan dan tanaman memerlukan kualitas air yang baik, agar tidak terkena parasit dan penyakit yang mengakibatkan kematian[2]. Air berkualitas baik tidak hanya dilihat dari kejernihannya saja. Dalam pemeliharaan ikan hias air tawar, beberapa unsur perlu diperhatikan, suhu air, pH air, kekeruhan air dan pakan. Ketersediaan pakan pada akuarium sehingga penjadwalan pemberiannya harus tepat agar ikan dapat tumbuh dengan baik dan sehat. Monitoring kualitas air budidaya salah satu faktor untuk meningkatkan produksi perikanan[3].

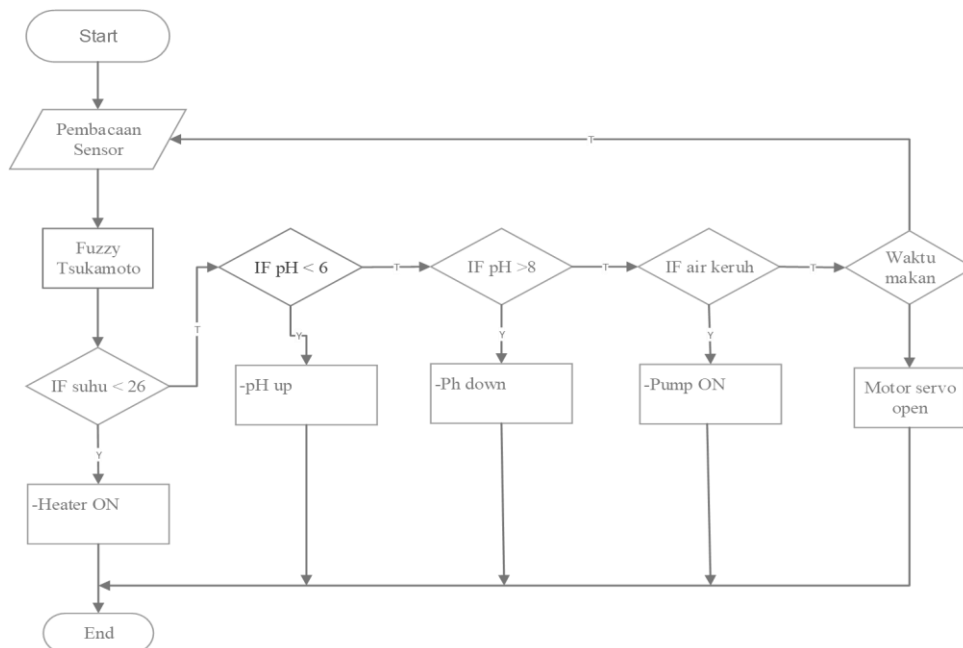
Permasalahan yang terjadi para pemilik akuarium belum memperhatikan unsur-unsur tersebut terlebih sibuk dengan rutinitas harinya. Sehingga para pemilik akuarium tidak sempat melakukan monitoring dan mengecek suhu air, pH air dan pakanya, terlebih ketika para pemilik pergi keluar kota, akuarium tersebut tidak bisa termenejemen dengan baik hal ini akan mempengaruhi kelangsungan hidup ikan tersebut. Penanganan dalam pemeliharaan ikan yang kurang baik dapat menyebabkan ikan mengalami stres, sehingga mudah terserang penyakit dan mengakibatkan kematian[4] [5].

*Internet of Things* (IoT) didefinisikan sebagai teknologi yang memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi dan kerja sama dengan berbagai perangkat keras melalui jaringan internet [6]. *Internet of Things* (IoT) Muncul sebagai bentuk perubahan dan perkembangan teknologi informasi dan jaringan internet. Sehingga menjadikan perangkat elektronik mudah terhubung langsung ke internet dan internet mampu memenuhi kebutuhan akan pengalaman dan konektivitas. Teknologi *internet of things* ini pada dasarnya dibuat dan dikembangkan oleh manusia untuk mempermudah setiap pekerjaan dan urusan dalam berbagai aspek bidang kehidupan. Salah satunya dapat diterapkan dalam pengelolaan akuarium.[7]

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk mengembangkan suatu sistem akuarium pintar dengan IoT yang dapat memenejemen kebutuhan ikan, kualitas air dan pakan secara otomatis. Sistem ini dapat dikontrol dan dimonitoring melalui *smartphone* android ataupun komputer. Pengklasifikasian kualitas air menerapkan metode *fuzzy*. Arduino Uno dan Node MCU sebagai pusat kontrol, sensor pH sebagai pengukur keasaman air, sensor DS18B20 sebagai modul sensor suhu, sensor turbidity sebagai modul kekeruhan air. Ubidots digunakan sebagai *server* IoT untuk mengotrol dan memonitor dimana saja dan kapan saja selama ada jaringan internet.

## 2. METODE PENELITIAN

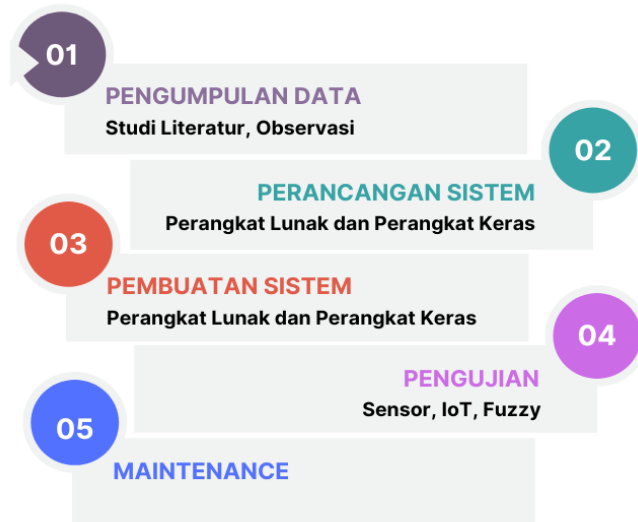
Penelitian mengenai monitoring kualitas air dalam akuarium ikan hias air tawar menggunakan pemrograman Arduino, Arduino sebagai pusat control dalam menjalankan perintah yang diinginkan yang telah di tanamkan didalam sirkuit arduino [8]. Gambaran alur kerja rangkaian, memulai membaca sensor ketika suhu < 25 °C heater akan menyala, tetapi ketika suhu diatas > 32 °C tidak ada aksi, diansumsikan bahwa suhu air aquarium pada musim kemarau tidak terlalu berpengaruh ke suhu air, tetapi beda ketika musim hujan, suhu dingin akan berpengaruh terhadap suhu air. Ketika pH >8 maka pH *down* akan *on* sebaliknya ketika pH <6 maka pH *up* akan *on*. Selanjutnya ketika air aqurium terbaca keruh maka bio filter akan *on*, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart cara kerja system

## 2.1. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan, proses tahapan dapat dilihat pada gambar 2. berikut:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

### 2.1.1. Pengumpulan Data /Analisis

Pada langkah ini, mulai dari studi literatur dan observasi, untuk mencari nilai standar suhu, ph untuk ikan hias guppy (ikan yang diuji ikan guppy). Mencari informasi dari beberapa penjual ikan hias air tawar di Kota Tangerang.

### 2.1.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem, proses ini mulai dari perancangan perangkat keras atau *hardware* mencakup, pembuatan skema rangkaian dan desain perancangan prototipe sistem, sedangkan pada perancangan perangkat lunak atau *software* mencakup, perancangan *Interface* Ubidots dan perancangan proses *fuzzy*.

### 2.1.3. Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem, proses ini mulai dari pembuatan perangkat keras. Pembuatan perangkat lunak, meliputi pengkodean *source code* yang menerapkan metode fuzzy Tsukamoto untuk ditanam pada mikrokontroller, pembuatan *user interface* Ubidots.

### 2.1.4. Pengujian Sistem

Pengujian sistem proses ini meliputi pengujian akuisisi data atau akurasi dari masing masing sensor, pengujian aturan *fuzzy*, pengujian validasi aktuator, pengujian ini memastikan sistem sesuai yang diharapkan.

### 2.1.5. Maintenance

Terakhir melakukan pemeliharaan, meliputi perbaikan desain dan *error* program serta menjaga sistem dari potensi masalah di masa depan.

## 2.2. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem ini meliputi arsitektur perangkat keras, arsitektur perangkat lunak serta arsitektur fuzzy:

### 2.2.1. Arsitektur Perangkat Keras

Pada tahap ini dibuat skematik rangkaian *part part* antara NodeMCU dengan komponen-komponen pendukung lainnya. Sebagai *input*, proses, dan *output* sinyal untuk kemudian menjalankan perintah yang telah dicoding pada Arduino IDE kemudian ditanamkan pada NodeMCU. Komponen utama dari rangkaian ini adalah NodeMCU, dengan integrasi sensor Ph, sensor DS18B20 dan sensor turbidity sebagai inputnya, sedangkan lampu, *heater* dan *feeder fish* sebagai outputnya. Koneksi antar komponen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Koneksi pin pada komponen

| Pin NodeMCU | Ardu<br>ino<br>Uno | Pin<br>pH | Pin<br>DS18B20 | Pin<br>Turbidity | Pump | Relay | RTC | Servo |
|-------------|--------------------|-----------|----------------|------------------|------|-------|-----|-------|
|             | VCC                | VCC       | VCC            | VCC              | VCC  | VCC   | VCC | VCC   |
|             | GND                | GND       | GND            | GND              | GND  | GND   | GND | GND   |
| A0          |                    | A0        |                |                  |      |       |     |       |
| D0          |                    |           |                |                  |      | D0    |     |       |
| D1          |                    |           | D1             |                  |      |       |     |       |
| D2          |                    |           |                | D2               |      |       |     |       |
| D3          |                    |           |                |                  | D3   |       |     |       |
| D4          |                    |           |                |                  | D4   |       |     |       |
| D5          |                    |           |                |                  |      |       |     |       |
| D6          |                    |           |                |                  |      |       |     |       |
| D7          |                    |           |                |                  |      | D7    |     |       |
| D8          | 8                  |           |                |                  |      | D8    |     | 8     |
| SCL         | SCL                |           |                |                  |      |       | SCL |       |
| SCA         | SCA                |           |                |                  |      |       | SCA |       |

### 2.2.2. Arsitektur Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yang akan dirancang ini menerapkan pemodelan logika *fuzzy* yang nantinya akan diprogramkan kedalam NodeMCU menggunakan Arduino IDE, dengan bahasa pemrograman C++. Sistem monitoring atau *user interface* menggunakan halaman web yang dibuat pada IoT *cloud server* Unidots.

#### 1. Arsitektur Fuzzy

Dalam penelitian ini ada tiga variable *input*, yaitu variabel suhu, pH dan kekeruhan. Pada variabel suhu memiliki tiga nilai linguistik, dingin, normal dan hangat. Pada variabel pH nilai linguistiknya asam, netral dan basa, variabel kekeruhan nilai linguistiknya tidak keruh dan keruh. Variabel *output* yaitu kualitas air, nilai linguistiknya rendah, sedang dan baik.

Tabel 2. Definisi Variabel Operasional *Fuzzy*

| Keterangan    | Nama         | Himpunan    | Domain  | Semesta Pembicaraan |
|---------------|--------------|-------------|---------|---------------------|
| <i>Input</i>  | Suhu         | Dingin      | 0-29°C  | 0-50°C              |
|               |              | Normal      | 26-32°C |                     |
|               |              | Hangat      | 29-50°C |                     |
|               | pH           | Asam        | 1-7pH   | 1-14pH              |
|               |              | Netral      | 6-8 pH  |                     |
|               |              | Basa        | 7-14pH  |                     |
|               | Kekeruhan    | Tidak keruh | 1       | 0-1                 |
|               |              | Keruh       | 0       |                     |
| <i>Output</i> | Kualitas air | Rendah      | 0-40%   | 0-100%              |
|               |              | Sedang      | 30-70%  |                     |
|               |              | Tinggi      | 60-100% |                     |

Proses *fuzzy* meliputi beberapa proses yaitu, fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Setiap sub-proses pada kontrol *fuzzy* mempunyai fungsi keterkaitan. Setiap sub-proses tersebut akan memproses *input* dan menghasilkan *output*. *Output* yang didapat satu sub-proses nantinya digunakan sebagai *input* pada sub-proses berikutnya hingga menghasilkan *output* akhir [9].

Dari tahapan proses *fuzzy* diatas terbentuk aturan yang digunakan untuk menentukan kualitas air pada aquarium. Berikut aturan *fuzzy* yang terbentuk

Tabel 3. Aturan *Fuzzy*

| Rule    | Suhu   | pH     | Kekeruhan   | Kualitas air |
|---------|--------|--------|-------------|--------------|
| Rule 0  | Dingin | Asam   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 1  | Dingin | Asam   | Tidak keruh | Rendah       |
| Rule 2  | Dingin | Netral | Keruh       | Rendah       |
| Rule 3  | Dingin | Netral | Tidak keruh | Sedang       |
| Rule 4  | Dingin | Basa   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 5  | Dingin | Basa   | Tidak keruh | Rendah       |
| Rule 6  | Normal | Asam   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 7  | Normal | Asam   | Tidak keruh | Sedang       |
| Rule 8  | Normal | Netral | Keruh       | Sedang       |
| Rule 9  | Normal | Netral | Tidak keruh | Tinggi       |
| Rule 10 | Normal | Basa   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 11 | Normal | Basa   | Tidak keruh | Sedang       |
| Rule 12 | Hangat | Asam   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 13 | Hangat | Asam   | Tidak keruh | Rendah       |
| Rule 14 | Hangat | Netral | Keruh       | Rendah       |
| Rule 15 | Hangat | Netral | Tidak keruh | Sedang       |
| Rule 16 | Hangat | Basa   | Keruh       | Rendah       |
| Rule 17 | Hangat | Basa   | Tidak keruh | Rendah       |

## 2. Perancangan Aplikasi Web

Pada tahap ini menghubungkan NodeMCU dengan server Ubidots, dengan memasukan kode token pada kode program yang didapat setelah membuat akun di [https://industrial.ubidots.com/accounts/signup\\_industrial/](https://industrial.ubidots.com/accounts/signup_industrial/).

## 3. Perancangan Koding

Berdasarkan 18 aturan *fuzzy* yang tersusun, selanjutnya menentukan nilai  $\alpha$  dan Z untuk setiap aturan.  $\alpha$  merupakan nilai keanggotaan anteseden dari masing-masing aturan. Berikut merupakan proses untuk mengkonversi 18 aturan *fuzzy*, maka diperoleh nilai  $\alpha$  dari masing-masing aturan kedalam bentuk program C. Aturan yang digunakan ialah aturan MIN pada fungsi implikasinya[10] .

```

//nodemcu-ubidots | Arduino 1.8.11 | Hourly Build 2020/10/09 12:55
// Edit Sketch Tools Help
nodemcu_@ubidots$

//aturan A0
float ap0 = min(dingin, asam);
float apred0 = min(ap0, keruh);
float z0 = xatasrendah - (apred0 * xbawahrendah);

//aturan A1
float ap1 = min(dingin, asam);
float apred1 = min(ap1, tidak_keruh);
float z1 = xatasrendah - (apred1 * xbawahrendah);

//aturan A2
float ap2 = min(dingin, netral);
float apred2 = min(ap2, keruh);
float z2 = xatasrendah - (apred2 * xbawahrendah);

//aturan A3
float ap3 = min(dingin, netral);
float apred3 = min(ap3, tidak_keruh);
float z3_1 = xbawahsedang1 + (apred3 * xatasredang1);
float z3_2 = xatasredang2 - (apred3 * xbawahsedang2);
float z3 = max(z3_1, z3_2);

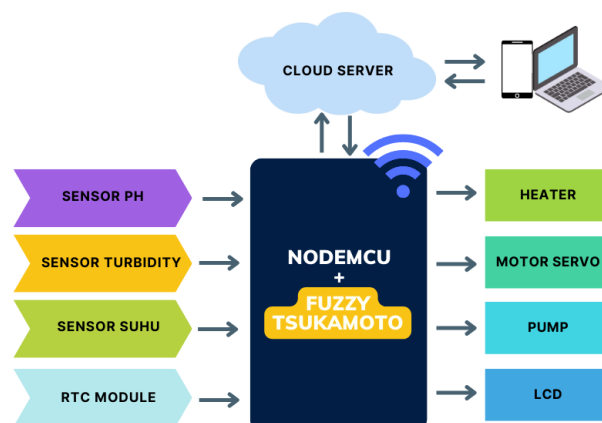
//aturan A4

```

Gambar 3. Kode Program Aturan Fuzzy

### 2.3. Diagram Blok Sistem

Desain keseluruhan sistem disajikan dalam bentuk diagram blok yang akan membantu dalam merancang sistem. Berikut gambar dari diagram blok sistem.



Gambar 4. Diagram blok sistem

Dalam sistem ini sensor sebagai variabel *input* sistem ini berupa parameter lingkungan dengan 3 variabel yaitu suhu, pH dan kekeruhan. RTC (Real Time Clock) sebagai inputan waktu. Pembacaan dari inputan diproses didalam *board* NodeMCU, didalam *board* sudah tertanam program fuzzy untuk menentukan kualitas air. *Output* dari sistem ini berupa LCD menampilkan waktu. *Heater*, *water pump*, dan *motor servo* sebagai *actuator* yang nantinya melakukan tindakan dengan kondisi tertentu. Data data sensor juga dikirimkan ke *cloud server*, melalui *smartphone* atau komputer sebagai media visualisasi, monitoring dan kontroling dari masing masing sensor dan hasil dari klasifikasi kualitas air. Melalui *smartphone* atau komputer dapat memberikan perintah yang telah dibuat ke *server*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini rangkaian perangkat keras dirakit pada kotak transparan. Dirakit sesuai pin komponen pada perancangan sistem. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 6.



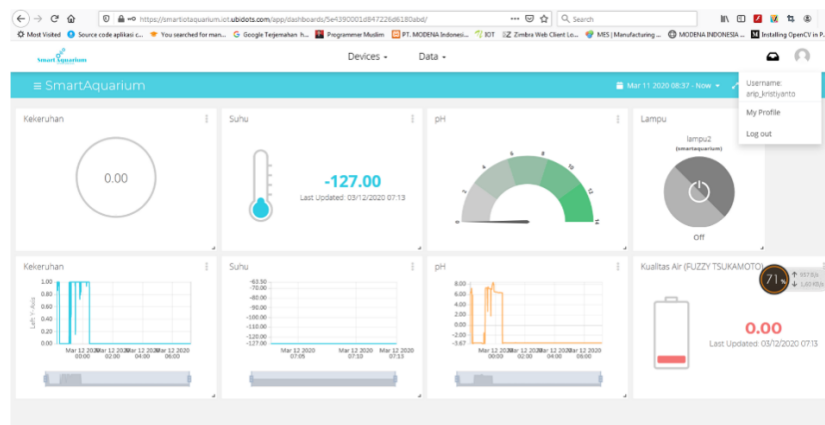
Gambar 5. Tampilan dari *smart aquarium*

#### 3.2. Tampilan Website IoT

Sistem monitoring *smart aquarium* berupa halaman website berupa halaman *login*, *dashboard*, *menu device* dan lokasi *device*.

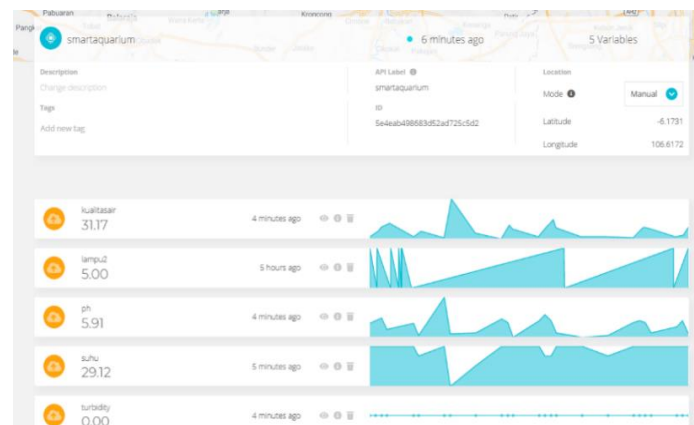
##### 3.2.1. Halaman Dashboard

Halaman *dashboard* menampilkan data - data sensor yang dapat dimonitoring secara *visual* dan *realtime*.

Gambar 6. Tampilan *dashboard* *iot*

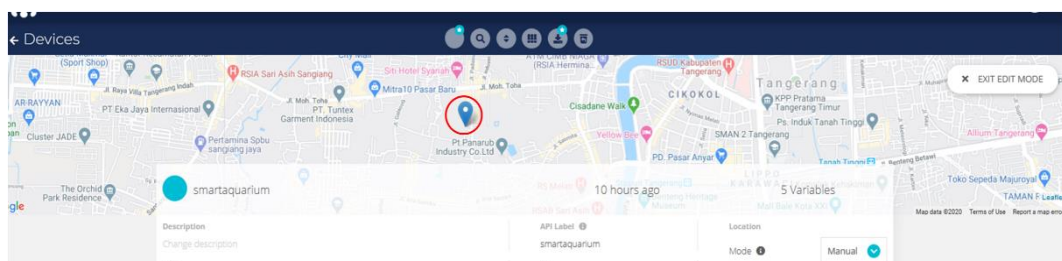
### 3.2.2. Halaman Menu Device

Pada halaman menu *device* menampilkan variabel apa saja yang terdapat pada *device smartaquarium*. Dapat dilihat tampilan menu *device* pada gambar berikut:

Gambar 7. Tampilan *menu device*

### 3.2.3. Halaman Lokasi Device

Dengan menggunakan IoT, posisi *device smart aquarium* dapat dilihat pada halaman web. Fitur ini cocok dipakai untuk akuarium portabel atau untuk jenis ikan dengan nilai jual tinggi.

Gambar 8. Visualisasi lokasi *smart aquarium*

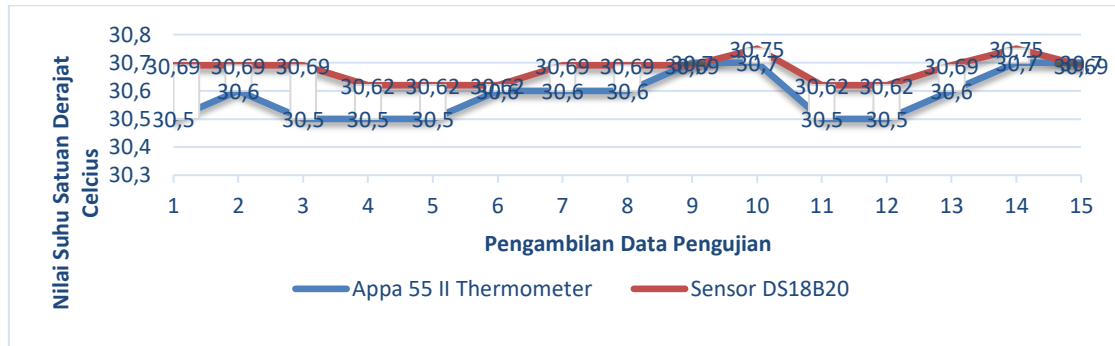


### 3.3. Hasil Pengujian

Pada tahap ini dengan melakukan beberapa pengujian, pengujian akuisisi data atau akurasi dari masing masing sensor, pengujian aturan *fuzzy*, pengujian validasi *actuator*.

#### 3.3.1. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

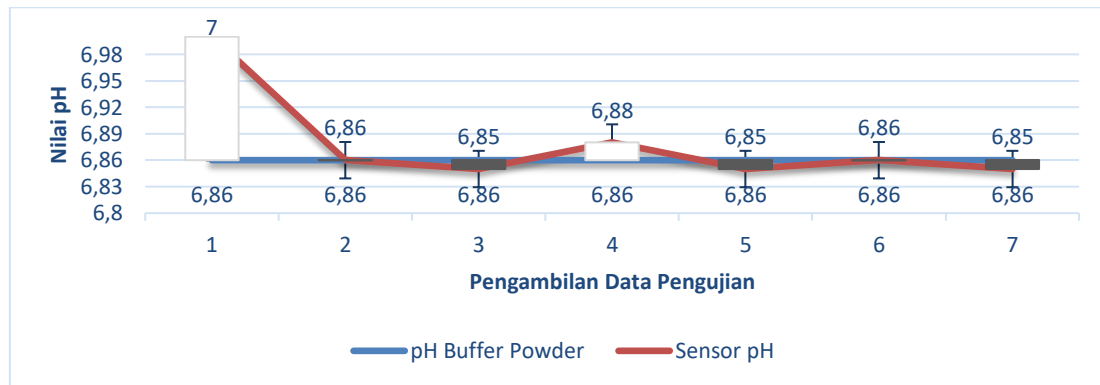
Pengujian sensor DS18B20 dengan Appa 5 II Thermometer terdapat selisih, rata-rata *error* 0,30%, spesifikasi akurasi Thermometer appa 55 II 0,3 % + 1 °C.



Gambar 9. Grafik Pengujian Sensor DS18B20

#### 3.3.2. Pengujian Sensor Ph

Hasil pengujian sensor pH rata-rata *error* 0,62 %. Berikut grafik dari pengujian sensor pH.



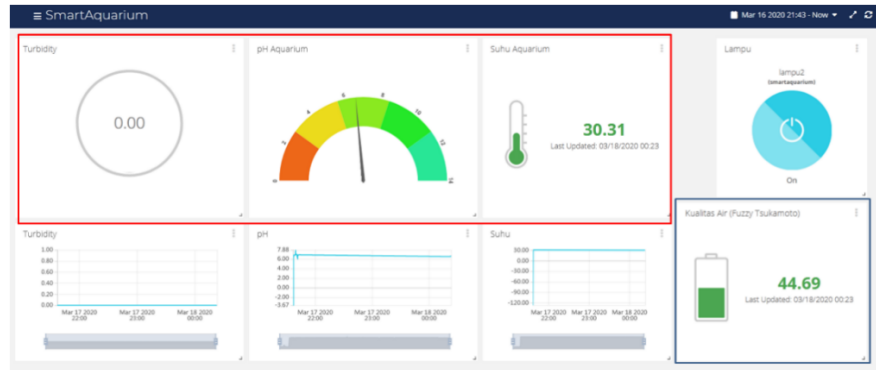
Gambar 10. Grafik Pengujian Sensor pH

#### 3.3.3. Pengujian Sensor Turbidity

Pengujian sensor turbidity dilakukan dengan menggunakan 2 gelas sample air. Sensor turbidity pada sistem ini menggunakan digital *output* sehingga hasilnya, jika 0 keruh jika 1 tidak keruh.

### 3.3.4. Pengujian Aturan Fuzzy

Hasilnya metode *fuzzy* tsukamoto untuk menentukan kualitas air dapat berjalan dengan baik. Gambar 11. menunjukkan hasil tampilan aturan *fuzzy* pada *dashboard* IoT. Kotak merah merupakan *input* dan kotak biru hasil dari *output* defuzifikasi.



Gambar 11. Tampilan aturan fuzzy pada *dashboard*

Pada tabel 4. dari 15 pengujian dengan variasi inputan dan hasil *output* sesuai dari aturan *fuzzy* yang telah tentukan sebelumnya. Dari hasil tersebut aturan *fuzzy* dapat berjalan 100 %.

Tabel 4. Pengujian Aturan Fuzzy

| Data | pH (1-14) | Suhu (°C) | Turbidity (Keruh/Tidak Keruh) | Defuzi-Fikasi (%) | Kualitas Air | Kesesuaian |
|------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------|--------------|------------|
| 1    | 7,72      | 30,50     | 0                             | 51,22             | Sedang       | Sesuai     |
| 2    | 7,93      | 30,56     | 1                             | 75,23             | Tinggi       | Sesuai     |
| 3    | 7,79      | 29,31     | 1                             | 78,36             | Tinggi       | Sesuai     |
| 4    | 7,43      | 28,06     | 1                             | 60,86             | Sedang       | Sesuai     |
| 5    | 7,45      | 31,12     | 1                             | 54,61             | Sedang       | Sesuai     |
| 6    | 6,83      | 30,44     | 0                             | 47,55             | Sedang       | Sesuai     |
| 7    | 4,20      | 32,50     | 1                             | 30                | Rendah       | Sesuai     |
| 8    | 4,49      | 32,56     | 1                             | 30                | Rendah       | Sesuai     |
| 9    | 6,61      | 32,44     | 1                             | 53,08             | Sedang       | Sesuai     |
| 10   | 6,68      | 32,50     | 1                             | 54,74             | Sedang       | Sesuai     |
| 11   | 7,16      | 30,94     | 1                             | 53,44             | Sedang       | Sesuai     |
| 12   | 7,16      | 32,25     | 1                             | 60                | Sedang       | Sesuai     |
| 13   | 7,06      | 33,00     | 0                             | 30,89             | Rendah       | Sesuai     |
| 14   | 6,94      | 32,25     | 0                             | 32,54             | Rendah       | Sesuai     |
| 15   | 5,93      | 25,56     | 1                             | 52,36             | Sedang       | Sesuai     |

### 3.3.5. Pengujian Notifikasi

Ketika kualitas air dalam kondisi rendah maka dari aplikasi *smart aquarium* akan memberikan informasi atau notifikasi melalui *e-mail* dan telegram. Hasilnya dapat dilihat gambar berikut:



Gambar 11. Notifikasi Telegram

### 3.3.6. Pengujian Actuator

Pengujian ini bertujuan untuk respons dari actuator ketika mendapata sesuatu kondisi dari sensor. Aktuator dapat merespon dari kondisi yang telah di tentukan hasilnya dapat dilihat tabel berikut:

Tabel 5. Pengujian Aktuator

| No | Kondisi                                 | Aktuator       | Respon | Validasi |
|----|-----------------------------------------|----------------|--------|----------|
| 1  | Suhu < 25 C                             | Heater         | ON     | OK       |
| 2  | Ph < 6                                  | Servo Ph up    | ON     | OK       |
| 3  | Ph >8                                   | Servo Ph down  | ON     | OK       |
| 4  | Turbidity keruh                         | Pump           | ON     | OK       |
| 5  | Jadwal makan                            | Motor (feeder) | ON     | OK       |
| 6  | Menekan Saklar on pada <i>dashboard</i> | Relay (lampu)  | ON     | OK       |

## 4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *fuzzy tsukamoto* dapat diterapkan pada mikrokontroler untuk klasifikasi kualitas air akuarium dan akurasi mencapai 100%. Hasil pengujian sensor berfungsi dengan baik, sensor suhu mempunyai rata – rata error cukup kecil yaitu 0,30%, untuk sensor pH rata-rata error sebesar 0,62 % dan sensor turbidity dapat mendeteksi air keruh dan tidak keruh.
2. Konsep *Internet of Things* berhasil diterapkan pada *smart aquarium* yang bersifat interaktif, dimana sistem melalui jaringan internet mampu memonitoring secara *realtime* dan *controlling* (kontrol disini dapat mengontrol lampu akuarium) melalui *dashboard* pada halaman *web*. Sistem ini dapat memberikan pesan notifikasi melalui *e-mail* dan telegram ketika kualitas air dalam kondisi rendah. Penjadualan pakan berjalan dengan baik, motor servo merespon sesuai jadwal pakan pada pagi pukul 07:00 dan sore hari pada pukul 16.00.

Namun penelitian ini masih terdapat kekurangan, kkuisisi sensor turbidity *outputnya* sinyal digital hanya 0 dan 1 sehingga dalam menentukan tingkat kekeruhan kurang akurat dibanding dengan *output sinyal analog*. Untuk pakan ikan pada penelitian ini tidak memakai *loadcell*, sehingga keluaran pakan kurang akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), “Ikan Hias Sebagai Pemantik Pembangunan Perikanan Budidaya Berbasis Ekspor,” Dec. 06, 2021. <https://kkp.go.id/djpb/artikel/37290-ikan-hias-sebagai-pemantik-pembangunan-perikanan-budidaya-berbasis-ekspor> (accessed Mar. 26, 2022).
- [2] A. J. Kuswinta, I. G. P. W. Wedashwara W, and I. W. A. Arimbawa, “Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto pada Pemantauan Kadar pH dan Ketinggian Air dalam Akuaponik,” *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, vol. 3, no. 1, , pp. 65-74, 2019, doi: 10.29303/jcosine.v3i1.245.
- [3] A. Bhawiyuga and W. Yahya, “Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol LoRa,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. pp. 99-106, 4 1, 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019611292.
- [4] R. Suharmon and T. A. Bahriun, “Perancangan Alat Pemberi Makan Ikan Otomatis Dan Pemantau Keadaan Akuarium Berbasis Mikrokontroler Atmega8535,” *Singuda ENSIKOM*, vol. 7, no. 1, , pp. 49-54, 2014.
- [5] A. Athavani, A. Desai, and H. S. Ruthwick, “Smart Aquarium”, *JournalOf Advanced Research in Engineering & Management (IJAREM)* , pp. 51-54, 2017.
- [6] I Putu Agus Eka Pratama and Sinung Suakanto, *Wireless Sensor Network*, 1st ed. Bandung: INFORMATIKA, 2015.
- [7] A. S. Tigadi, T. Khilare, Z. Kittur, and T. Kambale, “Aquarium Automation Using Iot.” *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 8, no. 6, pp. 36-40, 2019.
- [8] E. Budihartono, Y. Febrian Sabanise, and A. Rakhman, “Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Hidrokanik Berbasis Arduino,” *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 118-121, 2021, doi: 10.30591/smartcomp.v10i2.2554.
- [9] Sri Kusumadewi and Hari Purnomo, *Aplikasi logika fuzzy : Untuk pendukung keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [10] A. Kristiyanto and A. F. Zulfikar, “Deteksi Kebocoran Lpg Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy,” *Jurnal E-Bisnis, Sistem Informasi, Teknologi Informasi*, vol. XVI, no. 6, pp. 17-26, 2021.