

# ***SISTEM MONITORING DAN CONTROLLING KUALITAS AIR TAMBAK UDANG VANNAMEI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)***

Yuri Ariyanto<sup>1</sup>, Sofyan Noor Arief<sup>2</sup>, Muh. Marsudiarto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup> [yuri@polinema.ac.id](mailto:yuri@polinema.ac.id), <sup>2</sup> [sofyan@polinema.ac.id](mailto:sofyan@polinema.ac.id), <sup>3</sup> [muhmarsudiarto@gmail.com](mailto:muhmarsudiarto@gmail.com)

**Abstrak**—Pengelolaan kualitas air merupakan suatu cara untuk menjaga parameter kualitas air sesuai dengan baku mutu bagi kultivan. Namun proses pengukuran kualitas air pada tambak saat ini hanya dilakukan pengecekan secara manual kondisi kualitas tambak udang diperiode jam tertentu pada siang hari akan tetapi, pada saat malam hari masih jarang dilakukan. Sehingga jika malam hari kemungkinan bisa terjadi adanya penurunan parameter kualitas air yang signifikan. Maka dari itu dibutuhkan sistem untuk monitoring dan controlling kualitas air tambak udang berbasis internet of things (IoT). Penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 untuk temperatur dan sensor pH sebagai input data. Perangkat NodeMCU ESP8266 sebagai pembaca dan pengelola data yang akan menghasilkan output kontrol logika untuk relay pompa dan kincir air. Metode yang digunakan untuk mengolah data adalah metode Fuzzy Sugeno dengan dua parameter utama yaitu temperatur dan pH. Pada 9 kali pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan perhitungan metode Fuzzy Sugeno adalah 100%. Sistem ini berhasil melakukan monitoring dan controlling pada kualitas air tambak berbasis IoT yang bisa memantau dari jarak jauh dan secara otomatis mengelola kualitas air agar tetap stabil, sehingga mempermudah pengelola tambak untuk memantau kondisi kualitas air meskipun berada jauh dari tempat budidaya tambak selama alat dan pengelola tambak terhubung ke jaringan internet.

**Kata kunci**—tambak udang, udang vannamei, fuzzy sugeno, internet of things (iot), temperatur, ph

## I. PENDAHULUAN

Kegiatan perikanan di Kabupaten Sidoarjo yang terbesar adalah budidaya perikanan tambak dengan hasil total mencapai 74.897 ton pada tahun 2016 yang menjadikan Sidoarjo sebagai penghasil terbesar budidaya tambak di Provinsi Jawa Timur. Budidaya perikanan tambak merupakan kegiatan potensial yang mampu mendukung perekonomian masyarakat pesisir Kabupaten Sidoarjo. Dalam hal ini, kualitas air menjadi hal yang sangat diperhatikan dimana perubahan kualitas air tambak yang sangat berpengaruh terhadap potensi perikanan tambak udang *vannamei* [1].

Pada 2006 terjadi semburan Lumpur Lapindo yang dimana pembuangan Lumpur Lapindo melalui Kali Porong ditakutkan berdampak pada ancaman kelangsungan usaha

perikanan budidaya tambak udang karena air sungai dan atau air laut merupakan sirkulasi air pada tambak. Pengelolaan kualitas air merupakan suatu cara untuk menjaga parameter kualitas air sesuai dengan baku mutu bagi kultivan. Parameter-parameter itu merupakan suatu indikator untuk melihat kualitas air, seperti oksigen terlarut (DO), karbondioksida (CO<sub>2</sub>) bebas, pH, temperatur, kecerahan, salinitas, amonia, dan nitrit [2].

Tambak udang *vannamei* yang menjadi objek penelitian berada di Desa Kedung Peluk Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. Proses pengukuran kualitas air pada tambak saat ini hanya dilakukan pengecekan secara manual kondisi kualitas air tambak udang diperiode jam tertentu pada siang hari akan tetapi, pada saat malam hari masih jarang dilakukan. Sehingga jika malam hari kemungkinan bisa terjadi adanya penurunan parameter kualitas air yang signifikan. Faktor-faktor yang bisa memicu terjadinya perubahan parameter kualitas air antara lain, panas yang terik pada siang hari, terjadinya hujan, penurunan temperatur pada malam hari dan masuknya material asing ke dalam tambak.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini dirancang perangkat sistem *monitoring* dan *controlling* kualitas air tambak udang *vannamei* yang memanfaatkan teknologi *internet of things* yang diharapkan bisa memantau dan mengontrol kondisi kualitas air dari jarak jauh. Dalam hal ini penelitian yang dilakukan menggunakan dua parameter kualitas air yaitu temperatur dan kadar pH dalam aktivitas *monitoring* dan *controlling*. Adapun untuk pengontrolan dua parameter kualitas air tersebut menggunakan dua aktuator, yaitu kincir air yang berguna untuk menurunkan temperatur temperatur air aquarium dan pompa air untuk penambahan air ke dalam *prototype* aquarium dengan tujuan untuk menaikkan atau menurunkan kadar pH menggunakan metode *fuzzy sugeno*. *Microcontroller* NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data dari *input* sensor yang kemudian diproses untuk menentukan *output* berupa menyalakan kincir air dan pompa air. Diharapkan dengan adanya sistem ini dapat membantu pengelola tambak dan pemilik tambak dalam melakukan pengelolaan ataupun pemantauan kualitas air tambak dari

jarak jauh yang dimana akan berdampak langsung pada kelangsungan hidup udang *vannamei* dan hasil panen.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Tambak Udang

Tambak merupakan salah satu jenis habitat yang dipergunakan sebagai tempat untuk kegiatan budidaya air payau yang berlokasi di daerah pesisir. Kegiatan budidaya tambak yang terus menerus menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan, yang ditandai dengan menurunnya kualitas air. Kendala lingkungan yang dihadapi dalam kegiatan budidaya diantaranya penataan wilayah atau penataan ruang pengembangan budidaya yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akibat pengelolaan yang tidak tepat, sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan dengan segala aspek komplikasinya dalam kurun waktu yang panjang [3].

Keberhasilan dalam budidaya udang temperatur berkisar antara 25-32°C, sedangkan pH untuk standar budidaya udang *vannamei* berkisar 7,5-8,5 [4].

### B. Internet of Things (IoT)

*Internet of Things (IoT)* merupakan segala aktifitas yang pelakunya saling berinteraksi dan dilakukan dengan memanfaatkan *internet*. Dalam penggunaannya *Internet of Things* banyak ditemui dalam berbagai aktifitas, contohnya : banyaknya transportasi *online*, *e-commerce*, pemesanan tiket secara *online*, *live streaming*, *e-learning* dan lain-lain bahkan sampai alat-alat untuk membantu dibidang tertentu seperti *remote temperature sensor*, *GPS tracking*, dan sebagainya yang menggunakan *internet* atau jaringan sebagai media untuk melakukannya [5].

### C. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah *open source platform IoT* dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu pembuat dalam membuat produk *IoT* atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE. NodeMCU juga memiliki board yang berukuran sangat kecil yaitu panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan dengan berat 7 gram, selain itu NodeMCU juga memiliki harga yang relatif terjangkau, tapi walaupun ukurannya yang kecil dan harganya yang terjangkau board ini sudah dilengkapi dengan fitur wifi dan *firmware*nya yang bersifat *opensource* [6].

### D. Thingspeak

*Thingspeak* merupakan sebuah layanan *internet* yang menyediakan layanan untuk pengaplikasian "*Internet of Things*". *ThingSpeak* merupakan layanan yang berisi aplikasi dan API yang bersifat *open source* untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)* melalui *Internet* atau melalui *LAN (Local Area Network)*. Dengan menggunakan *Thingspeak*, seseorang dapat membuat aplikasi *logging sensor*, aplikasi pelacakan lokasi, dan jaringan sosial dari segala sesuatu yang terhubung ke *internet* dengan pembaruan status [7].

### E. Sensor Temperatur

Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah DS18B20. Sensor ini memiliki rentang daya 3.0V hingga 5.5V. Keluaran dari sensor DS18B20 akan dikonversikan menjadi data digital oleh data ADC internal 10-bit pada *microcontroller*.

### F. Sensor pH

Sensor pH digunakan untuk mengubah derajat keasaman menjadi tegangan, dalam hal ini adalah ion  $H^+$  dan  $OH^+$ . Jika dalam suatu larutan ion  $H^+$  lebih besar dibanding ion  $OH^+$  maka larutan tersebut bersifat asam dan apabila sebaliknya maka larutan tersebut bersifat basa.

### G. Metode Fuzzy Sugeno

Inferensi *Fuzzy Sugeno* hampir sama dengan penalaran *Mamdani*, hanya saja *Fuzzy Sugeno* ini mempunyai *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier [8]. Pada proses perhitungan dan langkah dari metode *Fuzzy Inference System (FIS)* *Mamdani*, *FIS Sugeno* dan *FIS Tsukamoto* hampir tidak ada perbedaan hanya saja berbeda pada konsekuen *output*. Berikut adalah tahapan-tahapan dari proses metode *Fuzzy Sugeno*, yaitu :

#### 1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pengelompokan data yang bersifat tegas (*crisp*) kedalam himpunan *Fuzzy*. Kemudian menyusun domain himpunan *Fuzzy* dari rentang jangkauan variabel suatu himpunan.

#### 2. Aplikasi fungsi implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *Fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *Fuzzy*. Bentuk umum dari fungsi implikasi adalah IF x adalah A THEN y adalah B.

#### 3. Komposisi aturan

Pada komposisi aturan digunakan fungsi maksimal (*MAX*) untuk memperoleh solusi himpunan dengan cara mengambil nilai tertinggi dari setiap proposisi yang telah dievaluasi. Apabila semua proposisi telah dievaluasi, maka akan menghasilkan *output* yang berisi kesimpulan dari tiap-tiap proposisi.

#### 4. Defuzzifikasi

Dalam melakukan penegasan untuk menghasilkan nilai tegas, digunakan rumus dengan cara mencari rata-rata terbobot (*Weight Average*) sebagai berikut :

$$WA = \frac{a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + \dots + a_iz_i}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + i}$$

## III. METODE PENELITIAN

### A. METODE PENGAMBILAN DATA

Metode yang dilakukan dalam pengambilan data yang dilakukan terdiri sebagai berikut :

#### 1. Observasi

Studi lapangan (observasi) merupakan teknik pengumpulan data dengan langsung terjun ke lapangan untuk mengamati permasalahan yang terjadi. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengamatan langsung ke lokasi budidaya

tambak udang di Desa Kedung Peluk Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo.

## 2. Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara pengumpul data terhadap narasumber / sumber data. Adapun sumber data peneliti yaitu pemilik dan pengelola tambak udang, Bapak Alimun di Desa Kedungpeluk, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo.

## 3. Studi Literatur

Studi Literatur adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara membaca buku-buku dan jurnal sesuai dengan data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini penulis memilih studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari jurnal yang membahas tentang kualitas air pada tambak dan cara pengelolaan tambak udang.

### B. Metode Pengembangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, metode perancangan aplikasi yang digunakan adalah *waterfall*. Metode *waterfall* adalah suatu proses pengembangan perangkat lunak berurutan, dimana kemajuan dipandang sebagai terus mengalir ke bawah (seperti air terjun) melewati fase-fase analisis kebutuhan, perancangan, implementasi (konstruksi), pengujian dan pemeliharaan [9].



Gambar 1. Alur *Waterfall*

### 1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan sistem ini ditujukan untuk menguraikan kebutuhan-kebutuhan yang harus disediakan oleh sistem agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan sesuai dengan tujuan penelitian. Rancangan sistem ini menjelaskan kebutuhan antarmuka, kebutuhan data masukan dan data keluaran yang menunjukkan spesifikasi sistem yang dijalankan.

- Kebutuhan Fungsional
  - Dapat me-*monitoring* kualitas air pada *prototype* tambak aquarium.
  - Dapat memberikan tindakan yang harus dilakukan terhadap air pada aquarium secara otomatis.
  - Dapat melakukan monitoring menggunakan *dashboard website*.

- Kebutuhan Non Fungsional

- *Security*

Keamanan software pada aplikasi, sistem tidak mengizinkan pengoperasian perangkat aplikasi kecuali dapat menginput *username* dan *password* dengan benar serta sistem menjamin ketika dijalankan tidak mengganggu sistem lain.

- *Usability*

*Usability* adalah kebutuhan non-fungsional terkait dengan kemudahan pengguna sistem atau perangkat lunak oleh *user*. *User interface* pada sistem dibuat dengan sederhana untuk memudahkan pengguna (*User Friendly*).

## 2. Perancangan

Pada tahap perancangan dilakukan setelah melakukan tahap analisis kebutuhan sistem, sehingga kebutuhan yang akan digunakan sesuai dengan fungsinya. Perancangan bertujuan memberikan gambaran hubungan antar komponen dan sebuah proses dengan yang lainnya. Terdapat dua perancangan yang dilakukan yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perancangan perangkat keras akan menjelaskan fungsi dan memaparkan alur kerja perangkat sehingga dapat terhubung dengan komponen lainnya. Perancangan perangkat keras meliputi rancangan *prototype* tambak (aquarium), rancangan arsitektur dari perangkat keras, rancangan setiap sensor, serta rancangan komponen pendukung lainnya seperti kincir air dan *relay* pompa [10].

Sedangkan perancangan perangkat lunak membahas perancangan yang berhubungan dengan jalannya sebuah program pada sistem. Perancangan perangkat lunak meliputi antara lain perancangan kebutuhan database, perancangan kebutuhan tabel untuk menyimpan data, proses pembacaan sensor, proses perhitungan pada metode *Fuzzy Sugeno* serta semua proses yang berhubungan dengan pengolahan pada sistem.

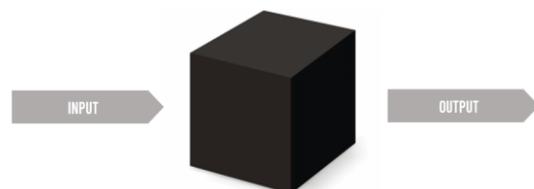
## 3. Implementasi

Tahap implementasi sistem mengacu pada perancangan Aplikasi serta implementasinya terhadap *prototype* yang telah dibangun. Implementasi aplikasi sistem dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dengan *framework Codeigniter* dan memanfaatkan *store data cloud* dengan *Thingspeak*. Implementasi *prototype* menggunakan aquarium berukuran 40x25x28cm. Implementasi sistem meliputi:

- Pembuatan *User Interface* sistem.
- Penerapan metode *fuzzy sugeno*.
- Penerapan Sistem terhadap *prototype* aquarium.

## 4. Pengujian

Pengujian sistem ini akan dilakukan dengan menggunakan metode pengujian *Black Box*. *Black Box Testing* atau yang sering dikenal dengan sebutan pengujian fungsional merupakan metode pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk menguji perangkat lunak tanpa mengetahui struktur internal kode atau Program. Dalam pengujian ini, *tester* menyadari apa yang harus dilakukan oleh program tetapi tidak memiliki pengetahuan tentang bagaimana melakukannya [11].



Gambar 2. *Black Box Testing*

Adapun hal yang dilakukan dalam pengujian dari sistem ini meliputi beberapa tahapan, yaitu:

- Pengujian perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian ini dilakukan dengan menjalankan sistem *monitoring* kualitas air pada sebuah sistem *prototype*

dengan miniatur tambak berupa aquarium untuk mengetahui kerja dari sensor-sensor dan perangkat lainnya sehingga data sensor bisa diolah dengan baik.

- Pengujian dari implementasi metode *fuzzy sugeno*, pengujian ini bertujuan untuk membandingkan validitas metode *fuzzy sugeno* perhitungan manual dengan *fuzzy sugeno* yang sudah diimplementasikan dalam bentuk sebuah sistem sehingga *output* yang dihasilkan sesuai perhitungan.

5. Pemeliharaan

Tahap terakhir adalah maintenance keseluruhan sistem dari hasil pengujian. Apabila terdapat proses sistem yang tidak berjalan sesuai fungsinya berdasarkan pengujian dengan metode *black box* akan dilakukan pembenahan sehingga bisa menghasilkan sistem yang berjalan sesuai rencana.

IV. PENGUJIAN

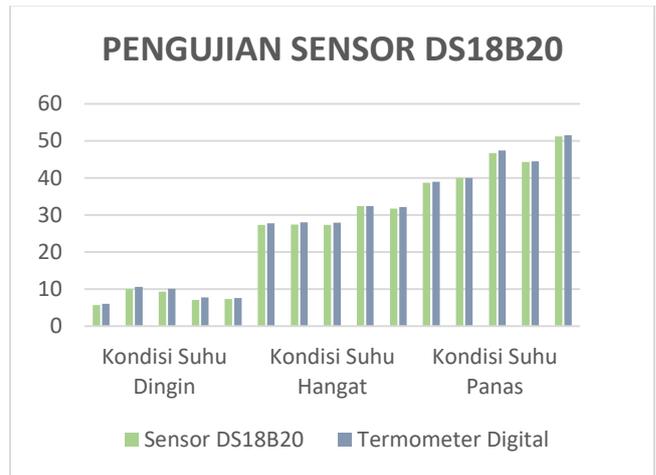
A. Pengujian Sensor Temperatur

Hasil pengujian pada sensor suhu DS18B20 dibandingkan dengan nilai suhu hasil pengukuran menggunakan termometer digital sehingga didapatkan nilai perbandingan antara dua alat tersebut. Pengujian dilakukan setiap lima menit sekali dan dilakukan sebanyak 15 kali serta dengan menggunakan air es dan air hangat untuk mendapatkan intensitas suhu, sehingga menghasilkan perbandingan sebagai berikut :

TABEL 1. HASIL PEMBACAAN SENSOR SUHU DS18B20 DAN TERMOMETER DIGITAL

| No. | Kondisi Suhu                         | Pembacaan Sensor DS18B20 (°C) | Pembacaan Termometer (°C) |
|-----|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1.  | Kondisi suhu dingin dengan es        | 5.80                          | 6.10                      |
| 2.  |                                      | 10.10                         | 10.60                     |
| 3.  |                                      | 9.80                          | 10.10                     |
| 4.  |                                      | 7.30                          | 7.80                      |
| 5.  |                                      | 7.20                          | 7.60                      |
| 6.  | Kondisi hangat suhu ruangan          | 27.40                         | 27.80                     |
| 7.  |                                      | 27.50                         | 28.00                     |
| 8.  |                                      | 27.70                         | 27.90                     |
| 9.  |                                      | 32.40                         | 32.40                     |
| 10. |                                      | 31.70                         | 32.20                     |
| 11. | Kondisi suhu panas dengan air hangat | 38.70                         | 39.00                     |
| 12. |                                      | 40.10                         | 40.00                     |
| 13. |                                      | 46.70                         | 47.40                     |
| 14. |                                      | 44.30                         | 44.50                     |
| 15. |                                      | 51.20                         | 51.50                     |

Hasil pengujian ditampilkan pada grafik berikut untuk memudahkan analisa.



Gambar 3. Grafik pengujian sensor suhu DS18B20 dan termometer digital

Dari perbandingan nilai suhu menggunakan sensor suhu DS18B20 dan termometer digital dihasilkan rentang nilai paling rendah dan paling tinggi dari 15 kali pengukuran yaitu sebagai berikut :

TABEL 2. RENTANG NILAI SUHU TERTINGGI DAN TERENDAH

| Pengukuran          | Nilai Terendah (°C) | Nilai Tertinggi (°C) |
|---------------------|---------------------|----------------------|
| Sensor suhu DS18B20 | 5.70                | 51.20                |
| Termometer digital  | 6.10                | 51.50                |

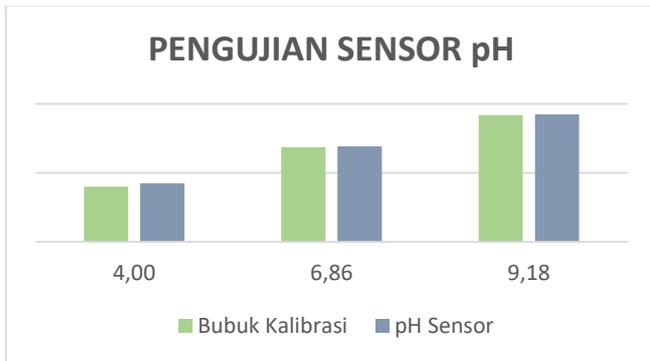
B. Pengujian Sensor pH

Hasil pengujian pada sensor pH dibandingkan dengan nilai 3 bubuk kalibrasi pH. 3 bubuk pH yang dipakai bernilai 4.00, 6.86 dan 9.18. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan sensor ke setiap wadah berisi air yang sudah campur dengan bubuk pH secara berurutan, sehingga menghasilkan perbandingan sebagai berikut :

TABEL 3. HASIL PEMBACAAN SENSOR PH

| No. | Bubuk Kalibrasi pH | Output Sensor |
|-----|--------------------|---------------|
| 1.  | 4.00               | 4.24          |
| 2.  | 6.86               | 6.91          |
| 3.  | 9.18               | 9.23          |

Grafik perbandingan hasil pengukuran berdasarkan bubuk kalibrasi dan sensor disajikan dalam diagram batang sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik pengujian sensor pH

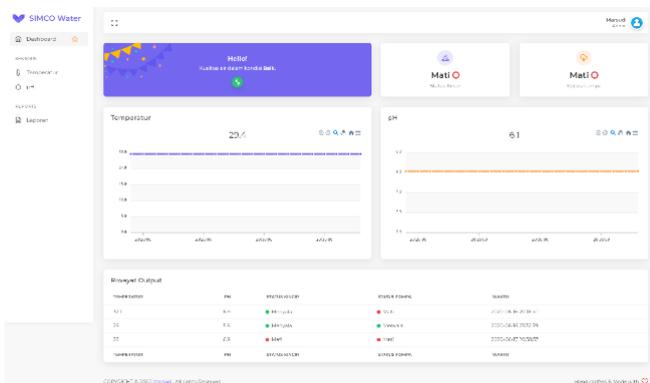
Bersumber pada pembacaan sensor pH dihasilkan rentang nilai paling rendah dan paling tinggi dari 3 pengukuran yang dilakukan. Hasil pengukuran rentang nilai adalah sebagai berikut :

TABEL 4. RENTANG NILAI BUBUK KALIBRASI PH

| Pengukuran sensor pH | Nilai Terendah | Nilai Tertinggi |
|----------------------|----------------|-----------------|
| Bubuk kalibrasi pH   | 4.00           | 9.18            |
| Sensor pH            | 4.24           | 9.23            |

### C. Pengujian Monitoring

Fungsi utama dari sistem *website* adalah untuk menampilkan informasi semua data yang telah diolah oleh NodeMCU. Data tersebut meliputi data sensor dan status kondisi *output*. Selain menampilkan *output* pada *website* diharapkan dapat melakukan kontrol dari aktuator sistem seperti menyalakan kincir air dan menyalakan pompa. Hasilnya berjalan sesuai rencana sehingga penyajian informasi dapat ditampilkan secara akurat dan tepat.



Gambar 5. Dashboard Monitoring

### D. Pengujian Metode Fuzzy Sugeno

Pengujian menghasilkan nilai yang sama sehingga menjadi tolok ukur berhasilnya tahap implementasi metode *Fuzzy Sugeno* kedalam sistem. Pada pengujian respon sistem dibuat beberapa simulasi kondisi sesuai *rules* yang dibuat dengan mengubah nilai variabel yang ada pada NodeMCU. Hasil pengujian respon sistem *Fuzzy Sugeno* disajikan dalam tabel berikut :

TABEL 5. PENGUJIAN METODE FUZZY SUGENO

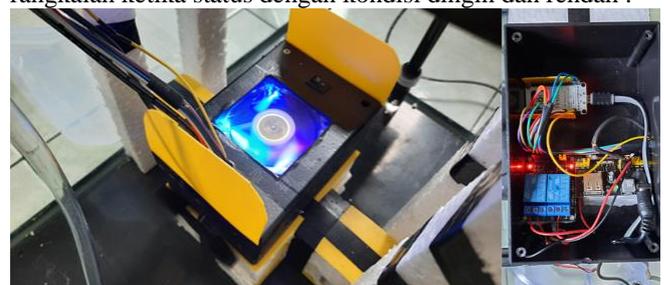
| No. | Temperatur | pH   | Defuzzifikasi |        | Kondisi           | Output     |           |
|-----|------------|------|---------------|--------|-------------------|------------|-----------|
|     |            |      | Manual        | Sistem |                   | Kincir Air | Pompa Air |
| 1.  | 25.65      | 5.90 | 0             | 0      | Dingin AND Rendah | ON         | ON        |
| 2.  | 24.95      | 6.34 | 1             | 1      | Dingin AND Netral | ON         | OFF       |
| 3.  | 25.30      | 8.45 | 0             | 0      | Dingin AND Tinggi | ON         | ON        |
| 4.  | 29.86      | 5.10 | 0             | 0      | Hangat AND Rendah | ON         | ON        |
| 5.  | 30.13      | 7.41 | 2             | 2      | Hangat AND Netral | OFF        | OFF       |
| 6.  | 30.24      | 9.13 | 0             | 0      | Hangat AND Tinggi | ON         | ON        |
| 7.  | 32.05      | 5.63 | 0             | 0      | Panas AND Rendah  | ON         | ON        |
| 8.  | 33.35      | 7.54 | 1             | 1      | Panas AND Netral  | ON         | OFF       |
| 9.  | 32.27      | 8.90 | 0             | 0      | Panas AND Tinggi  | ON         | ON        |

### E. Pengujian Aktuator

Penerapan rangkaian telah sesuai dengan perencanaan dan implementasi. Pengujian menghasilkan rangkaian yang dapat berkomunikasi tanpa adanya suatu *error* dan sesuai dengan *rules* yang ditentukan. Selanjutnya adalah pembahasan respon rangkaian terhadap setiap kondisi *prototype* jamur. Pada pengujian respon sistem dibuat beberapa simulasi kondisi *rules* dengan mengubah nilai variabel yang ada pada NodeMCU. Hasil pengujian respon rangkaian disajikan dalam bentuk gambar dan tabel pada beberapa bahasan berikut.

#### 1. Kondisi Dingin dan Rendah

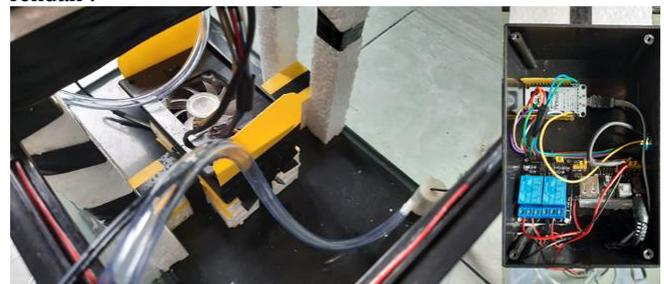
Pada kondisi ini merupakan kondisi dimana temperatur bernilai dingin di bawah 27°C dan pH bernilai rendah di bawah 6. Ketika kondisi bernilai dingin dan rendah, kincir air menyala dan pompa air menyala. Berikut merupakan gambar rangkaian ketika status dengan kondisi dingin dan rendah :



Gambar 6. Kondisi dingin dan rendah

#### 2. Kondisi Hangat dan Netral

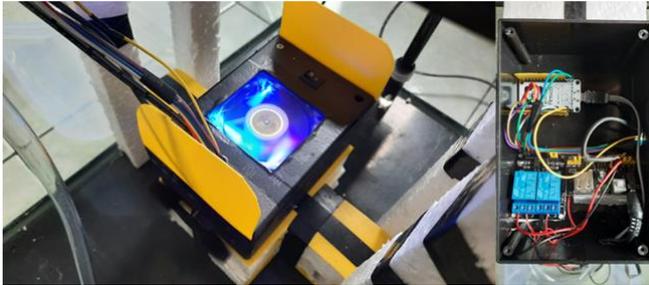
Pada kondisi ini merupakan kondisi dimana temperatur bernilai hangat bernilai diantara 27°C dan 31°C dan pH bernilai diantara 6 dan 8. Ketika kondisi bernilai hangat dan netral, kincir air mati dan pompa air mati. Berikut merupakan gambar rangkaian ketika status dengan kondisi dingin dan rendah :



Gambar 7. Kondisi hangat dan netral

#### 3. Kondisi Panas dan Netral

Kondisi panas dan netral merupakan kondisi dimana temperatur bernilai hangat di atas 31°C dan pH bernilai netral diantara 6 dan 8. Ketika kondisi bernilai panas dan netral, kincir air menyala dan pompa air menyala. Berikut merupakan gambar rangkaian ketika status dengan kondisi panas dan netral:



Gambar 8. Kondisi panas dan netral

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil dan Pembahasan Pengujian Aktuator

Hasil pengujian aktuator menunjukkan bahwa rangkaian mampu berkomunikasi dengan baik tanpa adanya korsleting dan sudah sesuai dengan *rules* yang berlaku. Hal ini telah dibuktikan dengan pengujian setiap kondisi yang sudah diimplementasikan pada sistem. Kondisi tersebut meliputi kondisi kincir air dan pompa air menyala, kincir air dan pompa air mati dan kincir air mati dan pompa air mati.

Selain itu status yang ada pada rangkaian juga berhasil ditampilkan pada *website monitoring* sesuai dengan kondisi yang terjadi.

TABEL 6. HASIL PENGUJIAN AKTUATOR

| No. | Kondisi           | Output yang Diharapkan |       | Output Sistem |       |
|-----|-------------------|------------------------|-------|---------------|-------|
|     |                   | Kincir                 | Pompa | Kincir        | Pompa |
| 1.  | Dingin dan Rendah | ON                     | ON    | ON            | ON    |
| 2.  | Dingin dan Netral | ON                     | OFF   | ON            | OFF   |
| 3.  | Dingin dan Tinggi | ON                     | ON    | ON            | ON    |
| 4.  | Hangat dan Rendah | ON                     | ON    | ON            | ON    |
| 5.  | Hangat dan Netral | OFF                    | OFF   | OFF           | OFF   |
| 6.  | Hangat dan Tinggi | ON                     | ON    | ON            | ON    |
| 7.  | Panas dan Rendah  | ON                     | ON    | ON            | ON    |
| 8.  | Panas dan Netral  | ON                     | OFF   | ON            | OFF   |
| 9.  | Panas dan Tinggi  | ON                     | ON    | ON            | ON    |

Berdasarkan tabel diatas bisa disimpulkan bahwa setiap *output* dari sistem sudah sesuai dengan *output* yang diharapkan.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun sistem *monitoring* dan *controlling* temperatur dan kadar pH berhasil dilakukan.

- Sistem menggunakan *prototype* berskala aquarium yang digunakan sebagai objek *monitoring* temperatur dan kadar pH.
  - Sistem melakukan input data temperatur, pH, dan hasil dari perhitungan metode *fuzzy sugeno* ke dalam *database* dan mengirim ke *thingspeak* setiap satu menit.
2. Konsep *Internet of Things* (IoT) berhasil diterapkan untuk melakukan *monitoring* dan *controlling* berdasarkan temperatur dan pH.
    - Sistem dapat diakses menggunakan *website* secara *realtime* dengan koneksi *internet*.
    - Sistem dapat menerima hasil dari respon atau *output* dari kondisi yang terjadi.
  3. Metode *Fuzzy Sugeno* berhasil diterapkan pada sistem *controlling* (otomasi) untuk mengatur temperatur dan kadar pH pada *prototype*.
    - Sistem dapat melakukan pendeteksian terhadap beberapa kondisi yang sudah ditentukan sesuai dengan *rules fuzzy*.
    - Sistem dapat memberikan respon sesuai dengan kondisi yang terjadi.
    - Berdasarkan hasil perhitungan metode *fuzzy sugeno* dengan cara manual ataupun menggunakan sistem menunjukkan hasil yang sama sehingga menjadi tolok ukur berhasilnya implementasi metode *fuzzy sugeno*.
    - Hasil pengujian respon sistem dari 9 kali percobaan dengan nilai data sensor yang berbeda menunjukkan hasil 100% sesuai dengan kondisi pada metode *fuzzy sugeno* serta tanpa adanya *output* yang tidak sesuai.

### B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk melakukan penelitian dan pengembangan selanjutnya untuk sistem ini antara lain yaitu:

1. Diharapkan ada penambahan parameter kualitas air lain untuk dipakai sebagai variabel *input* selain temperatur dan pH, misalnya penambahan variabel salinitas dan oksigen terlarut (DO).
2. Diharapkan ada penambahan modul untuk *simcard* digunakan untuk *backup* apabila koneksi internet mati.
3. Dalam penerapan rangkaian, untuk instalasi yang dilakukan harus benar-benar cermat agar tidak terjadi *short circuit* (korsleting), karena resikonya dapat membuat *hardware* terbakar dan tidak bisa dipakai lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Hijriani, "Program Minapolitan Pada Perkembangan Perikanan Tambak di Kabupaten Sidoarjo," *AVATARA, e-Journal Pendidikan Sejarah*, vol. 6, 2018.
- [2] M. F. Fuady, M. N. Supardjo and H. Haeruddin, "Pengaruh Pengelolaan Kualitas Air Terhadap Tingkat Kelulushidupan Dan Laju Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) DI PT.

- INDOKOR BANGUN DESA," *Diponegoro Journal of Maquares*, 2013.
- [3] A. Kristanto, I. Setiawan and S. Sumardi, "Pengendalian pH Air dengan Metode PID Pada Model Tambak Udang," *Jurnal Transmisi UNDIP*, vol. 14, 2013.
- [4] A. Sahrijanna and S. Sahabuddin, "Kajian Kualitas Air Pada Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) dengan Sistem Pergiliran Pakan di Tambak Intensif," *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 2014.
- [5] O. K. Sulaiman and A. Widarma, "Sistem Internet of Things (IoT) Berbasis Cloud Computing Dalam Campus Area Network," *Jurnal Seminar Nasional Fakultas Teknik UISU, INA-Rxiv*, vol. XXIII, 2017.
- [6] M. Cholilulloh, D. Syauqy and T. Tibyani, "Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer UB*, vol. 2, 2017.
- [7] A. Prasetyo, U. Nurhasan and G. Lazuardi, "Implementasi IoT pada Sistem Monitoring dan Pengendali Sirkulasi Air Tanaman Hidroponik," *Jurnal Informatika Polinema*, 2018.
- [8] Q. Qirom, N. Bahrin and M. S. Sungkar, "Sistem Monitoring Pengairan Otomatis dengan Metode Logika Fuzzy," *Jurnal Infoteknikmesin*, vol. 10, 2019.
- [9] S. Al-Fedaghi, "Thinging the Use Case Model," *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, vol. 17, 2019.
- [10] F. Ari, W. Warsito and S. W. Suciayati, "Sistem Otomasi Kincir Air untuk Respirasi Udang Tambak Menggunakan Sensor Dissolved Oxygen (DO)," *JTAF FMIPA Universitas Lampung*, vol. 5, 2017.
- [11] S. Nidhra and J. Dondeti, "Black Box and White Box Testing Techniques –A Literature Review," *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, vol. 2, 2012.