

Optimasi Tingkat Hidup Udang Crystal Red dengan Menerapkan Metode Fuzzy Logic Berbasis IOT

Gentur Cipto Tri Atmaja¹, Aji Gautama Putrada², Andrian Rakhmatsyah³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

genturcta@student.telkomuniversity.ac.id¹, ajiigps@telkomuniversity.ac.id¹,

kangandrian@telkomuniversity.ac.id¹

Abstrak

Banyak orang yang telah mencoba untuk membudidayakan Crystal Red Shrimp, tetapi banyak yang mengalami kegagalan akibat dari kematian masal udang. Hal tersebut seringkali terjadi karena buruknya kualitas air budidaya dan rendahnya kemampuan adaptasi lingkungan dari udang tersebut. Sangat penting untuk melakukan pengembangan sebuah sistem untuk mengatasi permasalahan tersebut, khususnya pada pemantauan dan pengendalian kualitas air. Penelitian ini membuat sebuah sistem pemantauan dan pengendalian otomatis kualitas air menggunakan *Fuzzy Inference System* berbasis Internet of Things. Sistem ini menggunakan beberapa sensor antara lain suhu ruangan, suhu air, *Dissolved Oxygen*, dan *turbidity*. Sensor-sensor tersebut terhubung pada Raspberry pi 3 yang telah ditanam sebuah sistem menggunakan *Fuzzy Inference System* untuk mengontrol aktuator secara otomatis. Sistem *real-time* monitoring dapat diakses melalui Thingspeak dan juga MQTT. Dari hasil penelitian didapatkan nilai akurasi dari *Real-time monitoring* sebesar 97,93%. Untuk prosentase keberhasilan dari sistem berdasarkan tingkat hidup adalah 90% Sedangkan pertumbuhan Crystal Red Shrimp selama 3 minggu dengan nilai rata-rata 2,191 atau 0,191cm lebih optimal daripada yang melalui proses budidaya konvensional.

Kata kunci : Akuarium, Internet of Things, Monitoring, Sensor, Otomasi.

Abstract

A lot of people have been tried to cultivate Crystal Red Shrimp, but many have failed due to mass shrimp deaths. It usually happens because of the poor quality of water cultivation and low environmental adaptability of the shrimp. It is very important to develop a system to solve the problem, especially on the monitoring and controlling of air quality. This research introduces air quality monitoring and control system using Fuzzy Inference System based on Internet of Things. This system uses several sensors such as temperature, water temperature, dissolved oxygen, and turbidity. The sensors are connected to Raspberry pi 3 which has been implanted in a system using Fuzzy Inference System to automatically control the actuator. The real-time monitoring system can be accessed via Halpeak and also MQTT. From the research results obtained the accuracy of Real-time monitoring of 97.93%. To achieve 90% Growth of Red Crystals for 3 weeks with an average value of 2.191 or 0.1,91 cm more optimal compared with conventional processes.

Keywords: Aquarium, Internet of Things, Monitoring, Sensor, Automation.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Kualitas air memberikan pengaruh yang penting dalam kehidupan organisme akuatik khususnya dalam keseimbangan suatu ekosistem. Pada organisme akuatik kebutuhan oksigen sangat penting untuk dapat melakukan proses respirasi. Kualitas air dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, diantaranya adalah suhu dan *Dissolve Oxygen* atau oksigen terlarut. Selain digunakan untuk pernafasan dan proses metabolisme, oksigen juga digunakan untuk proses oksidasi bahan organik maupun anorganik. Dalam suatu perairan oksigen berasal dari proses fotosintesis dan difusi. Kecepatan difusi oksigen dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah kekeruhan air, pergerakan massa air, suhu dan juga arus gelombang. [16]

Buruknya kualitas air sangat berbahaya bagi hampir semua jenis udang hias air tawar. Karena udang-udang tersebut kurang toleran terhadap tingkat kualitas air tertentu jika dibandingkan dengan jenis udang air tawar lainnya. Salah satunya adalah *Caridina cf. Cantonensis* yang lebih dikenal dengan sebutan Crystal Red Shrimp berasal dari kelas *Malacostraca* ordo *Decapoda* dan keluarga *Ityidae*[3][11]. Crystal Red Shrimp dapat hidup dan mencapai umur 18 bulan dengan ukuran panjang 1,5-2cm pada umur 5 bulan dan 2-3cm pada saat dewasa[15].

Crystal Red Shrimp termasuk salah satu jenis udang yang kemampuan adaptasi lingkungannya relatif rendah[4]. Suhu air adalah salah satu faktor paling penting yang dapat mempengaruhi daya tahan udang. Suhu yang optimal untuk Crystal Red Shrimp berkisar sekitar 15-25⁰C. Air dengan suhu yang rendah mengandung lebih banyak oksigen terlarut daripada air dengan suhu yang lebih tinggi. Oksigen terlarut yang optimal untuk budidaya udang harus lebih dari 4mg/L. Sedangkan Crystal Red Shrimp lebih menyukai air yang tergolong asam dengan kisaran pH 6-7,25[1]. Nitrit dan amonia dalam air harus mendekati 0ppm untuk mencegah penyakit bahkan dapat menyebabkan kematian massal dalam proses budidaya udang[4].

Selain itu, kesulitan dalam budidaya Crystal Red Shrimp di daerah perkotaan adalah karena kondisi cuaca yang tidak stabil. Merujuk pada data dari BMKG, suhu di kota Bandung berkisar antara 20-33°C [9]. Selain faktor kesulitan yang tinggi dalam budidaya, harga Crystal Red Shrimp di pasaran internasional mencapai US\$7,2 dan juga permintaan pasar internasional yang tinggi belum dapat terpenuhi [1]. Oleh karena itu perlu adanya sebuah sistem yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Khususnya pada proses pemantauan dan pengendalian kualitas air budidaya terkait dengan kurangnya tingkat adaptasi dari udang tersebut. Serta untuk mencegah kondisi-kondisi yang dapat menyebabkan kematian massal udang karena tingkat kualitas air yang rendah [4][14].

Penelitian ini berfokus pada pembuatan sebuah sistem tertanam otomatis berbasis *Internet of Things*. Sistem ini digunakan mempermudah dalam pemantauan dan pengendalian kualitas air pada budidaya Crystal Red Shrimp. Kelebihan dari sistem yang dibangun dalam penelitian ini adalah kemudahan dalam hal pemantauan kondisi kualitas air pada budidaya Crystal Red Shrimp yang lebih efektif jika dibandingkan dengan cara konvensional. Adanya fitur pengendalian kualitas air otomatis yang dapat menyesuaikan kondisi air dengan kebutuhan Crystal Red Shrimp menggunakan beberapa aktuator. Beberapa sensor seperti *Dissolved Oxygen* (oksigen terlarut), *Turbidity* (kekeruhan air, suhu ruangan dan suhu air terhubung ke Raspberry Pi 3B yang digunakan untuk mengumpulkan data *sensing*).

Raspberry Pi tersebut ditanam sebuah sistem cerdas menggunakan metode *Fuzzy Inference System* untuk dapat menentukan keputusan yang akan diikuti dengan kontrol otomatis aktuator. *Fuzzy Inference System* dipilih karena dapat merepresentasikan dan memecahkan masalah pengendalian kualitas air yang tergantung pada parameter air. Selain banyaknya parameter air yang mempengaruhi pengendalian kualitas air, faktor fluktuasi data dari parameter-parameter tersebut yang tidak menentu juga menjadi masalah lainnya. Sistem ini juga terintegrasi dengan MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) dan Thingspeak yang dapat dengan mudah diakses dari *smartphone* ataupun laptop.

Desain *Fuzzy Inference System* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Sugeno yang direpresentasikan dengan bentuk IF-THEN [14]. Ada lima parameter yang digunakan dalam sistem antara lain adalah oksigen terlarut, suhu air, suhu ruangan, PH air, dan kekeruhan air. Setiap parameter diklasifikasikan kedalam beberapa kondisi. Sebagai contoh, oksigen terlarut diklasifikasikan menjadi dua kondisi, yaitu tinggi dan rendah. Suhu diklasifikasikan menjadi dingin, optimal dan panas. Kekeruhan diklasifikasikan menjadi tinggi dan optimal. Keberhasilan sistem diukur menggunakan skenario pengujian akurasi pembacaan sensor, tingkat hidup dan juga pertumbuhan dari udang Crystal Red.

Topik dan Batasannya

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini, dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah membangun sebuah sistem *real-time monitoring* dan pengendalian kualitas air otomatis untuk optimasi tingkat hidup dan pertumbuhan pada budidaya Crystal Red Shrimp. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain adalah lingkungan implementasi menggunakan Akuarium kaca dengan volume air 31 liter dengan panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm. Lingkungan implementasi menggunakan *Soil shrimp* dan pasir malang sebagai media pendukung lingkungan implementasi yang telah dilakukan pengendalian terlebih dahulu menggunakan air galon Aqua selama 15 hari yang selanjutnya dilakukan implementasi alat. Waktu implementasi pengujian pertumbuhan udang berlangsung selama 21 hari dimulai pada 10 Mei 2018 – 31 Mei 2018. Objek penelitian menggunakan udang Crystal Red yang berumur 4 bulan dengan panjang 1,5-1,6 cm yang berjumlah 10 ekor. *Input* Parameter yang digunakan adalah suhu ruangan, suhu air, *Turbidity* dan *Dissolved Oxygen*. Sedangkan *Outputnya* adalah status kualitas air budidaya sebagai acuan proses pengendalian aktuator secara otomatis.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan implementasi *real-time monitoring* dan juga analisis keberhasilan kinerja sistem berdasarkan optimasi tingkat hidup dan pertumbuhan Crystal Red Shrimp.

Organisasi Tulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dalam beberapa bagian antara lain Bagian 1 - Pendahuluan, Bagian 2 - Studi Terkait, Bagian 3 - Sistem yang dibangun, Bagian 4 - Evaluasi, dan Bagian 5 – Kesimpulan.

2. Studi Terkait

Pekerjaan yang relatif terkait dengan penelitian ini adalah Sri Wahjuni dan timnya [14] yang mengembangkan sistem kontrol otomatis untuk mengoptimalkan budidaya sidat. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengoptimalkan budidaya sidat dengan mengendalikan lingkungan budidaya sehingga dapat sesuai dengan habitat alami sidat menggunakan *Fuzzy Inference System*. Logika *Fuzzy* juga pernah digunakan pada tahun 2015 oleh Sugondo Hadiyoso dan timnya [5] yang melakukan sebuah penelitian tentang implementasi regulator oksigen otomatis yang diterbitkan pada jurnal ELKOMIKA. Dalam jurnal tersebut dibahas sebuah sistem yang dapat melakukan pengaturan tekanan atau kadar oksigen menggunakan metode *Fuzzy Logic*.

Pekerjaan lain dilakukan oleh Saaid dan timnya pada tahun 2015 [10] yang mengembangkan sebuah sistem kontrol otomatis untuk *Aquaponic*. Penelitian tersebut bertujuan untuk melakukan optimasi pertumbuhan ikan mas dan kangkung dengan mengendalikan proses pemberian pakan ikan dan kualitas air secara otomatis. Pada tahun 2015, Li Nan dan timnya [8] telah mengembangkan sebuah sistem peringatan dini berbasis web untuk penyakit ikan berdasarkan manajemen kualitas air. Penelitian tersebut bertujuan untuk menangani masalah manajemen kualitas air untuk mengklasifikasikan penyakit ikan dan memberi peringatan pada pengguna terkait situasi berbahaya yang akan mempengaruhi kondisi ikan. Pada tahun 2017, Kyoo Jae Shin dan timnya [12] melakukan penelitian terkait pengembangan sebuah sistem pengendalian air menggunakan katup listrik pada *Smart Aquarium*. Penelitian tersebut membangun sebuah sistem yang mampu mengatasi penggunaan energi yang berlebih dalam pengendalian air menggunakan katup listrik.

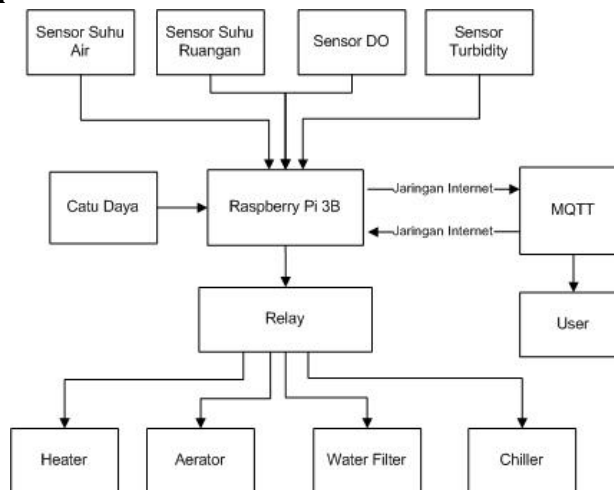
Pada tahun 2017, [7] Rafi Ananda Muhammad melakukan penelitian tentang sistem monitoring berbasis *Internet of Things* untuk budidaya ikan mas. Dalam penelitian ini membahas tentang pemantauan dan pengendalian penetasan ikan menggunakan metode *Fuzzy* dengan parameter suhu ruangan, dan suhu air.

Internet of Things

Pada tahun 1999 frasa *Internet of Things* pertama kali dikemukakan oleh seorang Ilmuwan bernama Kevin Ashton. *Internet of Things* merupakan sebuah sistem yang terdiri dari *Intelligence Machine* dan suatu perangkat yang saling berkomunikasi dan terhubung dengan mesin maupun infrastruktur dan lingkungan di sekitarnya. [2].

3. Sistem yang Dibangun

Gambaran Umum Sistem



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

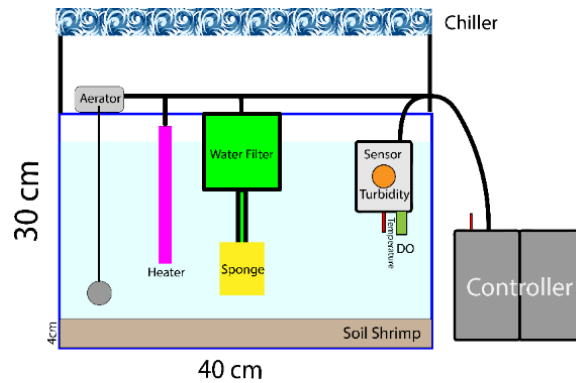
Pada Gambar 1 menunjukkan gambaran umum sistem yang telah dibuat dalam penelitian ini. Raspberry Pi sebagai *Single Board Computer* telah ditanam sebuah sistem cerdas menggunakan metode *Fuzzy Inference System* yang dapat memantau dan juga mengendalikan kondisi kualitas air pada lingkungan budidaya Crystal Red Shrimp. Raspberry Pi 3B terhubung dengan beberapa sensor antara lain sensor suhu ruangan, sensor suhu air, sensor oksigen terlarut, dan kekeruhan air.

Data dari sensor yang dikumpulkan oleh Raspberry Pi akan diproses menggunakan *Fuzzy Inference System* dan nantinya akan digunakan sebagai penentuan keputusan untuk mengontrol aktuator akuarium. Selain data untuk mengendalikan aktuator, data akan disimpan ke dalam sebuah *database* menggunakan aplikasi *sqlite* yang ada di Raspberry Pi. Data tersebut juga dikirim ke MQTT untuk dapat dilakukan pemantauan kondisi kualitas air secara *real-time* menggunakan *smartphone* atau laptop.

Aktuator yang digunakan dalam penelitian ini seperti *heater* untuk meningkatkan suhu air, sedangkan *chiller* yang terdiri dari enam buah kipas berfungsi untuk menurunkan suhu air. *Aerator* berfungsi meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air dan *water filter* digunakan untuk menjernihkan air. Aktuator tersebut terhubung pada enam buah relay yang dikendalikan oleh Arduino Nano sebagai *Slave* dari Raspberry Pi 3

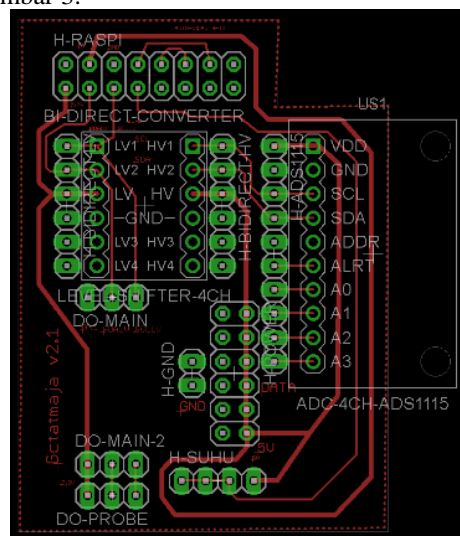
Implementasi Perangkat Keras

Controller akuarium berisi *Single Board Computer* dan juga relay yang telah dilengkapi dengan terminal listrik diletakkan disamping akuarium untuk memudahkan aksesibilitasnya. *Controller* tersebut terhubung dengan *Sensor Box* yang diletakkan didalam akuarium untuk melakukan sensing kondisi kualitas air. *Aerator* terhubung dengan batu aerasi yang berada di dasar akuarium menggunakan selang yang berfungsi untuk memecah partikel oksigen agar cepat larut dalam air. *Filter* air dilengkapi dengan spons yang digunakan untuk mempercepat proses filtrasi dan juga menjaga agar udang tidak ikut terhisap ke dalam filter.



Gambar 2. Implementasi Perangkat Keras

Masing-masing aktuator diletakkan bersebelahan pada dinding dalam bagian belakang akuarium agar tidak mengurangi nilai estetika dari akuarium tersebut. Aktuator akan diaktifkan sesuai dengan kondisi kualitas air tertentu berdasarkan data yang diproses oleh *Fuzzy Inference System*. Durasi aktuator tergantung pada hasil *Fuzzy Inference System* tersebut. Di dalam Akuarium juga ditambahkan *Soil Shrimp* yang berfungsi sebagai senyawa Buffer dan juga sebagai tempat berkembangnya bakteri pengurai nitrogen. Di dalam akuarium juga ditambahkan beberapa lumut seperti Java Moss untuk tempat bersembunyi udang. Semua komponen tersebut dipasang di akuarium yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain PCB

Komponen-komponen seperti *circuit*, sensor, aktuator, *Single Board Computer* dan komponen lainnya telah dirakit menjadi prototipe *Smart Aquarium*. Dalam penelitian ini juga telah dibuat sebuah *Printed Circuit Board* untuk memfasilitasi instalasi Raspberry Pi sebagai *Single Board Computer*, sensor, *circuit* dan komponen lainnya. Pembuatan *Printed Circuit Board* juga dimaksudkan untuk meminimalisir *human error*. Selain itu kegunaan PCB juga agar memudahkan dalam proses *Packaging* dan juga terkait konsep keruangan dan estetika dari suatu alat yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Desain Fuzzy Inference System

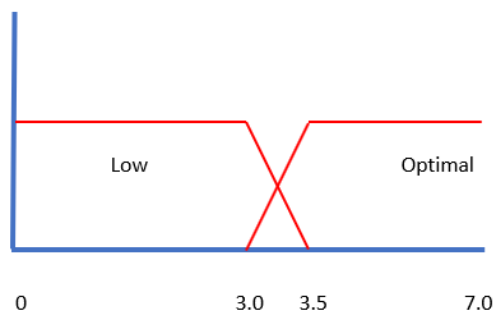
Sistem kontrol otomatis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Inference System*. Fuzzy adalah metode atau prinsip matematika yang digunakan untuk merepresentasikan pengetahuan atau beberapa masalah berdasarkan tingkat keanggotaan [14]. Fuzzy dapat digunakan untuk merepresentasikan dan memecahkan masalah yang tidak pasti, seperti kurangnya informasi dan kebenaran secara sebagian [13].

Fuzzy Inference System dipilih karena dapat merepresentasikan dan memecahkan masalah pengendalian kualitas air yang tergantung pada parameter air. Selain banyaknya parameter air yang mempengaruhi pengendalian kualitas air, faktor fluktuasi data dari parameter-parameter tersebut yang tidak menentu juga menjadi masalah lainnya. Ada tiga langkah dalam proses Fuzzy. Langkah pertama adalah *Fuzzification* yang berisi beberapa input yang nilai kebenarannya pasti (*Crisp Input*) kemudian akan dikonversi ke *fuzzy input*. Langkah selanjutnya adalah *Fuzzy Inference System* yang memperhitungkan semua aturan berdasarkan ilmu pengetahuan yang ada dan menghasilkan set fuzzy untuk setiap variabel independen. Langkah terakhir adalah defuzzifikasi. Metode yang digunakan dalam sistem Inferensi Fuzzy menentukan hasil yang akan digunakan [13].

Tabel 1. Desain Fuzzy Inference System

Type	Number	Name	Range	Category	Fuzzy Set
Input	1	Room Temperature (Celcius)	0-50	Cold	0-26
				Optimal	24-30
				Hot	28-50
	2	Water Temperature (Celcius)	0-28	Cold	0-21
				Optimal	20-26
				Hot	25-28
	3	Dissolve Oxygen(mg/L)	0-7.0	Low	0-3.5
				Optimal	3.0-7.0
				High	35-200
	4	Turbidity(ppm)	0-220	Optimal	0-50
				Bahaya	0-25
				Tidak aman	26-50
Output	1	Actuators Control	1-100	Normal	51-70
				Optimal	71-100

Suhu yang optimal untuk Crystal Red Shrimp berkisar sekitar 15-25°C. Air dengan suhu yang rendah mengandung lebih banyak oksigen terlarut daripada air dengan suhu yang lebih tinggi[11]. Oksigen terlarut yang optimal untuk budidaya udang harus lebih dari 4mg/L. Sedangkan untuk kekeruhan air harus kurang dari 50ppm untuk mencapai tingkat kekeruhan air yang optimal[11]. Tabel 2 ditunjukkan data yang telah digunakan dalam penelitian terdiri dari parameter *input* dan *output*. Kolom Range adalah nilai dari sensor yang dapat diproses oleh sistem. Kategori adalah bagaimana data dari sensor dikelompokkan dalam kategori tertentu berdasarkan jangkauannya. Kolom Fuzzy set mendefinisikan rentang set setiap parameter.

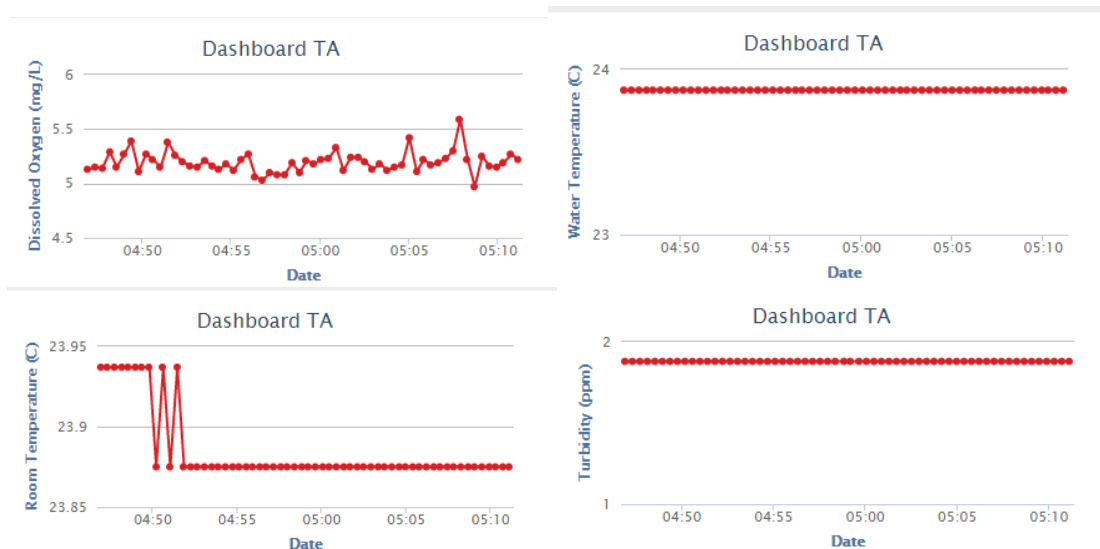
**Gambar 4. Fungsi keanggotaan oksigen terlarut**

Parameter masukan dari *Fuzzy Inference System* antara lain suhu ruangan, suhu air, oksigen terlarut, dan kekeruhan air. Metode *Fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sugeno dan keluaran atau hasilnya dalam bentuk konstanta. Durasi aktuator bekerja berdasarkan pada empat kondisi yaitu bahaya, optimal, normal, dan tidak aman. Bentuk segitiga adalah definisi set dari set fuzzy dengan 3 kategori. Sementara itu, bentuk trapezium terdiri dari set *Fuzzy* dengan 4 kategori. Fungsi keanggotaan oksigen terlarut sebagai set input ditunjukkan pada Gambar 4. *Fuzzy Rules* digunakan sebagai acuan untuk menentukan status dari kondisi kualitas air berdasarkan data hasil pembacaan sensor dan akuisisi data yang telah dikelompokkan menggunakan fungsi keanggotaan. Pembuatan aturan tersebut didasarkan pada literatur yang ada [6] [11] [14], perhitungan, dan konsultasi dengan pihak terkait

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian Pembacaan Sensor Real-time Monitoring

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sensor dan alat acuan pada akuarium implementasi. Pengujian dilakukan selama 25 menit dengan dilakukan pengecekan nilai sensor dan nilai alat acuan setiap 5 menit sekali. Tiap sensor memiliki alat acuan masing-masing. Untuk suhu DS1B20 menggunakan alat acuan Thermometer akuarium digital, untuk *Dissolved Oxygen* Atlas Scientific v1.0 atau oksigen terlarut menggunakan DO meter, dan Turbidity menggunakan TDS meter.



Gambar 5. Grafik Hasil Real-time Monitoring

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil *real-time monitoring* dari sensor *Dissolved Oxygen*, sebsor suhu DS18B20, dan sensor Turbidity DFRobot pada pukul 04.50-05.10 yang ditampilkan melalui platform IoT yaitu Thingspeak. Pada oksigen terlarut nilai fluktuasi yang tidak terlalu jauh dengan nilai terendah pembacaan sensor tersebut bernilai 4,98 mg/L sedangkan nilai terendah pembacaan sensor tersebut bernilai 5,6mg/l.

Dari hasil *real-time monitoring* besaran nilai suhu air menunjukkan nilai yang konstan dan berada di 23,85°C. Sedangkan besaran nilai suhu ruangan semula fluktuatif dari nilai suhu terbesar di 23,94 hingga pada pukul 04.52 mulai menunjukkan nilai yang konstan dan berada di 23,87°C. Untuk sensor *Turbidity* DFRobot v2.1 pada pukul 04.50-05.10 besaran nilai Tutbidity atau kekeruhan air menunjukkan nilai yang konstan dan berada di 1,98 ppm.

Tabel 2. Perbandingan pembacaan sensor dan alat acuan

Nama Sensor	Periode Sensing	Hasil Sensing Alat	Hasil Sensing Manual	Kesalahan %	Akurasi %	Rata-rata
Dissolved Oxygen (mg/l)	1	5,1	5	0,1	98,9	5,232
Dissolved Oxygen (mg/l)	2	5,24	5,1	0,14	98,86	
Dissolved Oxygen (mg/l)	3	5,18	5,1	0,08	98,92	
Dissolved Oxygen (mg/l)	4	5,4	5,3	0,1	98,9	
Dissolved Oxygen (mg/l)	5	5,24	5,1	0,14	98,86	
Suhu Air (°C)	1	23,85	22,6	1,25	97,75	23,85
Suhu Air (°C)	2	23,85	22,6	1,25	97,75	
Suhu Air (°C)	3	23,85	22,6	1,25	97,75	
Suhu Air (°C)	4	23,85	22,6	1,25	97,75	
Suhu Air (°C)	5	23,85	22,6	1,25	97,75	
Suhu Ruangan (°C)	1	23,87	22	1,87	97,13	23,898
Suhu Ruangan (°C)	2	23,94	23	0,94	98,06	
Suhu Ruangan (°C)	3	23,87	22	1,87	97,13	
Suhu Ruangan (°C)	4	23,94	22	1,94	97,06	
Suhu Ruangan (°C)	5	23,87	22	1,87	97,13	
Turbidity (ppm)	1	1,98	3,2	1,22	97,78	1,98
Turbidity (ppm)	2	1,98	3,2	1,22	97,78	
Turbidity (ppm)	3	1,98	3,2	1,22	97,78	
Turbidity (ppm)	4	1,98	3,2	1,22	97,78	
Turbidity (ppm)	5	1,98	3,2	1,22	97,78	
Rata-rata				2,07	97,93	

Tabel 4 Menunjukkan data pengujian pembacaan sensor dengan membandingkan proses *sensing* dan akuisisi data oleh sistem dengan proses perhitungan secara manual menggunakan alat acuan masing-masing sensor. Dari hasil pengujian perhitungan pembacaan sensor selama 5 periode sensing didapatkan nilai akurasi sebesar 97,93% dengan nilai kesalahan sebesar 2,07%. Nilai kesalahan yang didapat tersebut tidak mempengaruhi hasil *Fuzzy* untuk menentukan pengambilan keputusan aktuator.

4.2 Analisis Hasil Pengujian keberhasilan sistem

Pengujian keberhasilan sistem berdasarkan optimasi tingkat hidup dan pertumbuhan Crystal Red Shrimp dilakukan selama 21 hari atau 3 minggu yang dimulai pada 10 Mei 2018 dan berakhir pada 31 Mei 2018. Objek penelitian menggunakan 10 ekor udang Crystal Red yang berumur 4 bulan dengan panjang 1,5-1,6 cm. Lingkungan implementasi menggunakan Akuarium kaca berukuran panjang 40cm, lebar 30cm, dan tinggi 30cm. Pemberian pakan udang menggunakan pakan berupa pelet tenggelam untuk udang sehari sekali.

Tabel 3. Ukuran panjang udang Crystal Red

Minggu Ke	Udang 1 (cm)	Udang 2 (cm)	Udang 3 (cm)	Udang 4 (cm)	Udang 5 (cm)	Udang 6 (cm)	Udang 7 (cm)	Udang 8 (cm)	Udang 9 (cm)	Udang 10 (cm)	Rata-rata (cm)
1	1,6	1,5	1,6	1,55	1,62	1,58	1,61	1,6	1,57	1,5	1,573
2	1,92	1,75	1,9	1,83	1,99	1,88	1,97	1,94	1,86	1,77	1,881
3	2,22	0	2,22	2,19	2,28	2,17	2,23	2,2	2,16	2,11	2,191

Tabel 5 menunjukkan ukuran panjang udang Crystal Red selama 3 minggu. Pengukuran pertumbuhan udang dilakukan setiap seminggu sekali menggunakan Jangka sorong. Untuk membedakan udang satu dengan udang lainnya adalah dengan mencocokkan corak masing-masing udang yang telah difoto sebelumnya untuk menjaga validitas data yang diperoleh. Data hasil pengukuran pada minggu pertama menunjukkan rata-rata panjang udang sebesar 1,573cm. Selanjutnya pada minggu kedua rata-rata panjang udang menjadi 1,881 cm atau angka pertumbuhannya meningkat 0,308cm dari minggu pertama. Pada minggu ketiga rata-rata panjang udang mengalami peningkatan pertumbuhan sebesar 0,31cm dengan panjang rata-rata udang sebesar 2,191.

Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa trend pertumbuhan udang yang konstan dari minggu pertama hingga minggu ketiga. Untuk tingkat hidup udang selama masa pengujian mempunyai nilai 90% dengan jumlah kematian udang sebanyak 1 ekor. Tingkat pertumbuhan udang pada minggu ketiga pengujian sistem diperoleh rata-rata nilai panjang udang sebesar 2,191cm atau 0,191cm lebih panjang dari panjang rata-rata udang hasil budidaya konvensional yang bernilai 2cm.

5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem tertanam berbasis Internet of Things yang efektif digunakan untuk pemantauan dan pengendalian kualitas air secara otomatis pada budidaya Crystal Red Shrimp. Penelitian ini telah berhasil melakukan implementasi desain Fuzzy Inference System untuk budidaya Crystal Red Shrimp. Kinerja pembacaan sensor atau sensing optimal dengan tingkat akurasi 97,93%. Keberhasilan sistem berdasarkan tingkat hidup sebesar 90% selama 21 hari masa pengujian. Sedangkan pertumbuhan udang Crystal Red selama 21 hari masa pengujian adalah 0,191cm lebih panjang jika dibandingkan dengan proses budidaya konvensional. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan penambahan parameter kualitas air seperti PH dan juga ammonia. Selain itu perlu adanya maintenance atau perawatan pada sensor yang digunakan untuk menjaga tingkat akurasi pembacaan sensor.

Daftar Pustaka

- [1] Arts, A. (2017, June). *Crystal red shrimp (A-S grade)*. Retrieved from Aquatic Arts: <https://aquaticarts.com/collections/freshwater-shrimp/products/crystal-red-shrimp>
- [2] Dudhe, P., Kadam, N., Hushangabade, R. M., & Deshmukh, M. S. (2017). Internet of Things (IOT): An overview and its applications. *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*.
- [3] Facility, G. B. (2016). *Caridina cantonensis* Yu, 1938. Retrieved from Global Biodiversity Information Facility: <http://www.gbif.org/species/5863061>
- [4] Ganesh. (2015). Breeding and Life Cycle of Fresh Water Ornamental Shrimp *Caridina* cf. *babauti*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, pp. 794-801.
- [5] Hadiyoso, S., Nursanto, & Rizal, A. (2015). Implementasi Regulator Oksigen Otomatis berdasarkan Tingkat Pernapasan menggunakan Logika Fuzzy. *ELKOMIKA*.
- [6] José, J.-H., Luis P, S.-F., & Jesús, A.-O. F.-T. (2021). Immediate Water Quality Assessment In Shrimp Culture Using Fuzzy Inference Systems. *Expert Systems with Applications*, 10571-10582.
- [7] Muhammad, R. A. (2017). *Prototipe Sistem Pemantauan Untuk Fish Hatchery Berbasis Internet of Things*. Bandung: Telkom University.
- [8] Nan, L., zetian, F., Ruimei, W., & Xiaoshuan, Z. (2006). Developing a Web-based Early Warning System for Fish Disease based on Water Quality Management. *Industrial Electronics and Applications*. Singapore: IEEE.
- [9] News, A. (2017, November 21). BMKG Bandung Prediksi Hujan Turun Hingga Mei 2018. Bandung, West Java, Indonesia.
- [10] Saaid, M. F., Sanuddin, A., Ali, M., & Yassin, M. S. (2015). Automated indoor Aquaponic Cultivation Technique. *Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*. Malaysia: IEEE.
- [11] Service, U. F. (2017, July). Bee shrimp (*Caridina cantonensis*). *Ecological Risk Screening Summary*.

- [12] Shin, K. J., & Angani, A. V. (2017). Development of Water Control System With Electrical Valve for Smart Aquarium. *Applied System Innovation (ICASI)* (pp. 428 - 431). Japan: IEEE.
- [13] Suyanto. (2007). *Artificial Intelligence*. Bandung: Informatika.
- [14] Wahjuni, S., Maarik, A., & Budiardi, T. (2016). The Fuzzy Inference System for Intelegant Water Quality Monitoring System to Optimize Eel Fish Farming. *Electronics and Smart Devices (ISESD)*. Bandung: IEEE.
- [15] Yam, R. S. (2005, November 2). nter- and intraspecific differences in the life history and growth of *Caridina* spp. (Decapoda: Atyidae) in Hong Kong streams. *Fresh Water Biology*.
- [16] BIBLIOGRAPHY Zahrotun, N., Hikmah, R. M., & Sulihmiatin. (2011). *HUBUNGAN SUHU DAN DO (Dissolved oxygen)*. Surabaya : UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA.