

Sistem Kendali Suhu dan Pengganti Air Otomatis pada Akuarium Menggunakan *Fuzzy Logic Controller* Berbasis *Internet of Things*

Yunita Ari Sandy

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: yunita.18070@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Bambang Suprianto, Puput Wanarti Rusimamto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: endryansyah@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas air seperti suhu dan tingkat kekeruhan. Kualitas air akuarium yang kurang baik dapat mengganggu pertumbuhan ikan hingga menyebabkan kematian. Untuk menghindari kondisi tersebut, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat mengendalikan suhu dan mengganti air secara otomatis agar suhu dan kekeruhan air dalam akuarium tetap terjaga. Dalam penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic controller* dengan menggunakan dua parameter yaitu suhu dan tingkat kekeruhan air. *Output* dari penelitian ini adalah suhu akuarium yang terkendali dengan adanya *heater* dan pompa yang berfungsi untuk mengganti air pada akuarium apabila suhu air panas dan air terdeteksi keruh, serta dapat dipantau secara *online* pada *smartphone* maupun *offline* melalui LCD pada akuarium. Berdasarkan hasil perbandingan pengujian alat menggunakan kontrol dan tanpa kontrol, diketahui bahwa akuarium dengan kontrol bekerja lebih baik dalam menjaga suhu dan kekeruhan air dibandingkan alat tanpa kontrol. Hal ini dibuktikan dengan akuarium menggunakan kontrol fuzzy mengalami peningkatan suhu dingin rata-rata sebesar 2,13°C, penurunan suhu panas rata-rata 2°C dan penurunan kekeruhan air rata-rata sebesar 167,67 NTU, sedangkan akuarium tanpa kontrol fuzzy mengalami peningkatan suhu dingin rata-rata sebesar 1,57°C, penurunan suhu panas rata-rata 1,57°C dan penurunan kekeruhan air rata-rata sebesar 109 NTU. Dengan adanya kontrol logika fuzzy, akuarium memiliki respon yang lebih cepat sehingga suhu dan kekeruhan akhir yang didapatkan jauh dari nilai *setpoint*.

Kata kunci: Kendali Suhu, Pengganti Air Otomatis, Fuzzy, IoT.

Abstract

Many factors affect water quality such as temperature and water turbidity. Poor quality of aquarium water can interfere with fish growth and cause death. To avoid these conditions, it's necessary to have a system that can control the temperature and change the water automatically, so the temperature and turbidity in aquarium are maintained. This research using the fuzzy logic controller method with two parameters there are temperature and water level of turbidity. This research produces an aquarium temperature that can be controlled with a heater and water pump that function to replace water in aquarium when the temperature in a hot condition and the water is detected as cloudy. This aquarium can be monitored online on a smartphone or offline via LCD in aquarium. Based on comparison result of aquarium using control and without control, it's known that aquarium with control works better in maintaining temperature and turbidity of water than aquarium without control. It evidenced by aquarium using fuzzy control has increased average cold temperature of 2,13°C, decreased average hot temperature of 2°C and decreasing average water turbidity 167,67 NTU, while an aquarium without control fuzzy has increased average cold temperature of 1,57°C, decreased average hot temperature of 1,57°C and decreasing average water turbidity 109 NTU. Using fuzzy logic controller, aquarium has a faster response so the final temperature and turbidity obtained are far from the setpoint value.

Keywords: Temperature Control, Automatic Water Changer, Fuzzy, IoT.

PENDAHULUAN

Air menjadi salah satu faktor terpenting dalam mendukung kehidupan makhluk di bumi, salah satunya ialah ikan. Kualitas air merupakan salah satu kunci keberlangsungan hidup ikan (Putra, dkk, 2017). Air yang menjadi media memelihara ikan harus selalu diperhatikan karena dapat berdampak pada tumbuh kembang dan tingkat produksi

pada ikan (Fauzia dan Suceno, 2020). Diperlukan pemberian pakan bernutrisi dan kualitas air yang terjaga agar ikan manfish dapat tumbuh dengan baik (Jayalekshmi, dkk, 2017). Apabila ikan pada kualitas air yang buruk akan mengganggu pertumbuhan serta kesehatan ikan akan menurun (Prasetyo, dkk, 2021).

Ikan manfish (*Pterophyllum scalare*) merupakan ikan hias berasal dari perairan Amazon berbentuk pipih lebar serta gerakannya tenang. Permintaan pasar yang banyak menyebabkan tingginya harga jual ikan manfish, hal tersebut menjadikan komoditi budidaya ini memiliki prospek menguntungkan (Zubaidah, dkk, 2020). Manfish dikenal cukup sulit dipelihara karena kepekaannya terhadap penyakit sehingga sangat diperlukan dalam menjaga kualitas air. Hal yang perlu diperhatikan saat memelihara ikan manfish dalam akuarium yaitu suhu air dan tingkat kekeruhan pada akuarium. Tingkat kekeruhan akuarium menjadi salah satu penentu nilai estetika. Air yang jernih dapat meningkatkan nilai estetika dari akuarium, meningkatkan kenyamanan tempat hidup ikan sehingga ikan dapat dengan mudah bergerak, meningkatkan keberhasilan pengembangan telur dan larva serta akan mengurangi kematian ikan akibat air keruh (MPCA, 2008). Ikan manfish dapat mentoleransi suhu air antara 24°C hingga 30°C (Ribeiro, dkk, 2021). Apabila ikan dipaksa berada pada suhu kurang dari 20°C mengakibatkan ikan menjadi pasif, metabolisme menurun sehingga mudah terkena penyakit dan dapat mengalami kematian (Putra, dkk, 2019). Penyakit yang dapat menyerang ikan manfish antara lain adalah sisik membengkak dan gastric cryptosporidiosis akibat dari kondisi air yang tidak bersih (Murphy, dkk, 2009) serta muncul bercak putih saat ikan hidup pada suhu dingin. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan sebuah akuarium yang dapat menjaga suhu dan kekeruhan air pada akuarium. Pada penelitian ini akan membahas mengenai sistem kerja dari akuarium dalam menjaga suhu dan melakukan pergantian air secara otomatis dengan *fuzzy logic controller*, hasil perbandingan akuarium menggunakan kontrol fuzzy dan tanpa kontrol fuzzy, serta pemantauan akuarium secara langsung maupun jarak jauh.

Terdapat penelitian terkait sebelumnya yang berjudul “Perancangan *Smart Aquarium* Menggunakan Sensor Turbidity dan Sensor Ultrasonik Pada Akuarium Ikan Air Tawar Berbasis Arduino Uno” (Prasetiyo, dkk, 2021). Pada penelitian tersebut menguji kekeruhan air pada akuarium dengan sensor *turbidity*, yang apabila sensor telah memenuhi syarat maka sistem akan menyalakan *buzzer* dan mengirim pesan kepada pemilik akuarium dengan bantuan GSM M80L. Penelitian kedua yaitu jurnal berjudul “Sistem Kontrol Suhu dan Pakan Otomatis dalam *Aquarium Aquascape* Menggunakan Nodemcu ESP8266” (Rachman dan Santoso, 2022). Penelitian tersebut menggunakan kipas angin sebagai solusi murah untuk menurunkan suhu air 1°C dalam 10

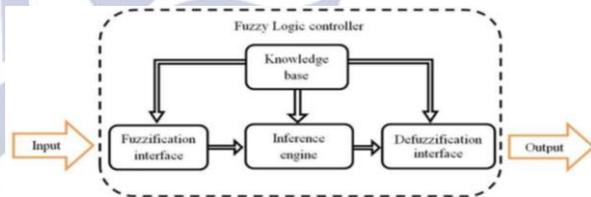
menit kemudian informasi mengenai akuarium ditampilkan pada aplikasi rancangan peneliti.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang akuarium yang memiliki sistem kerja dengan respon cepat dan tepat dalam menjaga suhu dan kekeruhan air menggunakan *fuzzy logic controller* serta dapat dipantau secara langsung maupun jarak jauh, kemudian dari rancangan tersebut dilakukan pengujian untuk mengetahui hasil perbandingan dari penerapan akuarium menggunakan kontrol fuzzy dan tanpa kontrol fuzzy. Dengan adanya rancang bangun ini diharapkan dapat mempermudah masyarakat dalam melakukan pemeliharaan maupun pembudidayaan ikan manfish atau ikan hias jenis lainnya di dalam akuarium serta dapat menjadi solusi menurunkan tingkat kematian ikan akibat air keruh dan suhu yang tidak sesuai habitatnya.

KAJIAN PUSTAKA

Logika Fuzzy

Fuzzy dikenalkan pada tahun 1965 oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley. Logika fuzzy merupakan pengembangan dari logika Boleaan yang menggantikan nilai binary menjadi tingkat kebenaran. Dengan menggunakan logika fuzzy memiliki kemungkinan terdapat nilai keanggotaan antara 0 dan 1 (Ramdhani, 2021).



Gambar 1. Kontrol Logika Fuzzy (Nurdiansyah, dkk, 2019)

Terdapat tahapan-tahapan dalam menerapkan *fuzzy logic controller*, yaitu:

1. **Fuzzifikasi**
Fuzzifikasi adalah tahapan awal di mana nilai tegas diubah menjadi nilai fungsi keanggotaan.
2. **Inference Machine**
Inference Machine adalah sebuah proses penalaran dari nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai pengambilan keputusan.
3. **Rule Base**
Aturan dasar dalam logika fuzzy adalah kumpulan dari aturan deklarasi yang berbentuk “If-Then” atau “Jika-Maka”.
4. **Defuzzifikasi**
Defuzzifikasi merupakan tahapan akhir untuk menghasilkan sebuah aksi dari prediksi fuzzy.

Arduino UNO

Arduino Uno merupakan *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 dengan 14 pin I/O digital, 6 pin *input* analog, port USB, *power jack*, *header ICSP* dan tombol *reset*. (Ramadhan dan Rivai, 2018). Arduino Uno akan diprogram menggunakan *software* Arduino memakai bahasa pemrograman yaitu bahasa C dan dipermudah adanya menu *library* (Ahmad, 2021). Peran Arduino Uno pada penelitian ini adalah sebagai pusat kendali yang akan terhubung dengan sensor ultrasonik, sensor kekeruhan, sensor suhu, NodeMCU, *heater* dan kedua pompa.

Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur tinggi air pada akuarium dengan memantulkan gelombang ultrasonik dan menerimanya kembali. Untuk mendapatkan nilai ketinggian air digunakan rumus yaitu total tinggi akuarium dikurangi tinggi permukaan air yang terdeteksi sensor (Saidi, dkk, 2021). Dalam penerapannya pada akuarium, sensor ultrasonik akan dimasukkan ke dalam box yang telah dilubangi agar terhindar dari cipratan air.

Sensor Kekeruhan SKU SEN0189

Sensor turbidity bekerja sebagai inputan yang memiliki fungsi untuk mengukur tingkat kekeruhan pada air akuarium dengan memanfaatkan cahaya untuk mendeteksi padatan yang terlarut dalam air. Semakin tinggi padatan terlarut yang terdeteksi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan yang terukur dan begitu juga sebaliknya. Sedangkan hubungan antara kekeruhan dan tegangan hasil pembacaan sensor bergantung dari jumlah partikel padat terlarut atau *Total Suspended Solid* (TTS) yang terdeteksi diantara sensor cahaya dan sumber cahaya yang terpasang pada modul sensor (Ramadhan dan Rivai, 2018). Hasil pembacaan sensor kekeruhan memiliki satuan NTU atau *Nephelometric Turbidity Unit*.

Sensor Suhu DS18B20

Penggunaan sensor suhu DS18B20 yang tahan air bertujuan untuk mengukur suhu air pada akuarium. Sensor ini memiliki tiga kaki yang akan dihubungkan dengan sumber daya, *output* dan *ground* (Syah, dkk, 2019). Sensor ini dapat mengukur suhu mulai dari -55°C sampai 125°C dengan tingkat akurasi 0,5°C pada suhu 10°C sampai +85°C (Barus, dkk, 2018). Sensor suhu ini diletakkan pada bagian dasar akuarium bertujuan agar sensor tetap dapat melakukan pembacaan suhu saat pergantian air berlangsung.

Modul Relay

Modul relay merupakan sebuah komponen penggerak kontaktor yang memiliki fungsi seperti saklar dengan

memanfaatkan prinsip elektromagnetik (Rachman dan Santoso, 2022). Cara kerja modul relay hampir sama dengan saklar, hanya saja modul relay membutuhkan arus listrik sehingga dapat bekerja secara otomatis sedangkan saklar bekerja secara manual (Putrawan, dkk, 2020). Penelitian ini menggunakan 4 buah modul relay 1 *channel* yang akan terhubung pada pompa *in*, pompa *out*, *heater* dan lampu LED.

LCD 16x2

Liquid Crystal Display termasuk media penampil dari kristal cair yang merupakan sebuah modul yang berfungsi untuk menampilkan sebuah data berupa tulisan atau gambar (Ahmad, 2021). LCD yang digunakan memiliki 16 kolom dan 2 baris. LCD ini akan digunakan untuk menampilkan nilai dari pembacaan suhu dengan satuan °C, pembacaan jarak dengan satuan cm serta pembacaan kekeruhan air dengan satuan NTU beserta kategori air.

NodeMCU ESP8266

NodeMCU yang digunakan adalah ESP8266 di mana merupakan sebuah *platform Internet of Things* dengan sifat *opensource*. Elemen penting komputer seperti CPU, RAM, WiFi juga dimiliki oleh ESP8266 (Rindra, 2022). Selain memiliki fitur yang modern, harga dari ESP8266 terbilang terjangkau, sehingga sangat disarankan pemakaian NodeMCU ESP8266 pada proyek *Internet of Things* (Parihar, 2019)

Heater

Rancang bangun akuarium ini dilengkapi *heater* yang berguna sebagai pemanas air pada akuarium saat suhu air terdeteksi dingin sehingga suhu air dalam akuarium tetap terjaga. Selain untuk menyetabilkan suhu air, *heater* dapat membantu mengurangi populasi jamur dan bakteri, serta dapat menyembuhkan ikan dari penyakit. (Ramdhani, 2021). *Aquarium heater* dipasang berjauhan dengan sensor suhu dengan tujuan agar tidak mengganggu pembacaan dari sensor suhu.

Pompa Air DC 12V

Pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air DC 12V sebanyak 2 buah. Pompa pertama yaitu pompa *in* yang berfungsi untuk memompa air dari bak pengisian masuk menuju akuarium. Pompa kedua adalah pompa *out* yang berfungsi untuk memompa air dari akuarium keluar menuju bak pembuangan. Kedua pompa bekerja secara bergantian dengan urutan pompa *out* aktif hingga tinggi air mencapai 8cm kemudian digantikan dengan pompa *in* yang aktif untuk mengisi air hingga tinggi air mencapai 17cm.

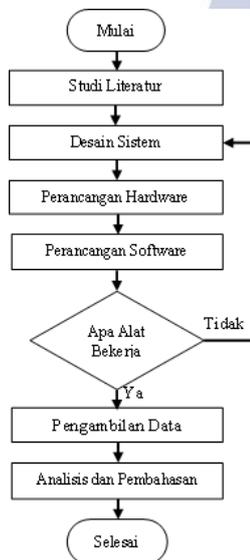
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif di mana melibatkan data berupa angka untuk menganalisis. guna untuk memenuhi tujuan pada penelitian ini. Peneliti melakukan perancangan bangun akuarium ikan manfish dengan menerapkan *fuzzy logic controller* metode Mamdani menggunakan aplikasi Matlab 2015a yang terdapat pada laptop peneliti. Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dari studi literatur antara lain tesis, jurnal ilmiah, skripsi dan informasi pendukung yang berasal dari internet.

Rancangan Penelitian

Susunan rancangan penelitian dilakukan secara terstruktur dan sistematis. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

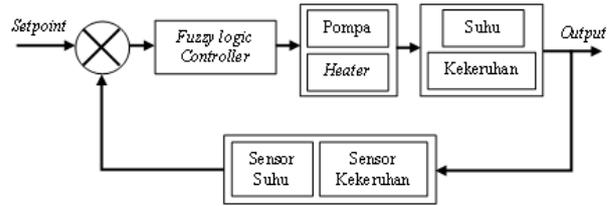


Gambar 2. Flowchart Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melaksanakan studi literatur dari beberapa referensi seperti tesis, skripsi, buku cetak, informasi dari internet yang dapat mendukung penelitian ini serta jurnal terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya melakukan perancangan desain sistem, kemudian merancang *hardware* dan merancang *software* pada aplikasi Matlab 2015a yang dilanjutkan dengan pemrograman pada Arduino. Dilakukan uji coba alat yang telah dirancang dan diprogram, setelah sesuai harapan kemudian dilakukan pengambilan data dan menentukan analisis serta kesimpulan.

Desain Sistem

Dalam mengendalikan suhu air dan penggantian air pada akuarium ikan manfish secara otomatis dibutuhkan desain sistem *fuzzy logic controller* seperti Gambar 3 berikut.

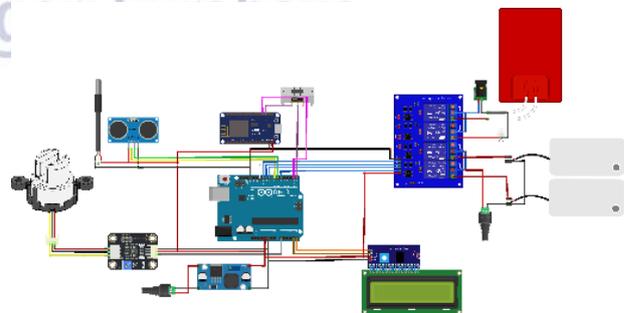


Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 3 menunjukkan diagram *close loop* sebuah sistem kendali suhu air dan pengganti air secara otomatis pada akuarium ikan manfish di mana terdiri dari blok sistem yang tersusun menjadi kesatuan sistem yang utuh. Sumber daya yang digunakan pada penelitian ini adalah adaptor 5A 12V dengan menggunakan sensor sebagai inputan yaitu sensor kekeruhan untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air dan sensor suhu digunakan untuk mengetahui suhu air akuarium. Kemudian nilai input akan diolah pada Arduino menggunakan *fuzzy logic controller* untuk menentukan aksi dari pompa dan heater yang dihasilkan agar suhu dan kekeruhan air tetap terjaga.

Perancangan Hardware

Pada perancangan *hardware* akuarium dilakukan pembuatan skema *wiring* diagram dari sistem menggunakan aplikasi Fritzing. Alat ini menggunakan adaptor 5A 12V sebagai sumber dayanya. Adapun komponen yang digunakan untuk membuat rancang bangun *hardware*, yaitu lm2596 sebagai *stepdown* terhubung dengan Arduino Uno sebagai pusat kendali yang dihubungkan dengan *input* yaitu sensor suhu DS18B20, sensor kekeruhan, sensor ultrasonik, selain itu Arduino Uno juga terhubung dengan *output* yaitu NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan switch, LCD 16x2 dilengkapi dengan I2C, serta relay 1 channel 4 buah yang dihubungkan dengan heater, lampu LED, pompa in dan pompa out. *Wiring* dari diagram *hardware* akuarium dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Wiring Diagram Akuarium

Kendali Fuzzy

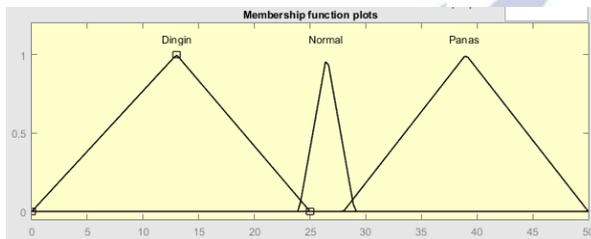
Aplikasi Matlab 2015a digunakan untuk menerapkan kendali logika fuzzy metode mamdani. Akuarium

diprogram berdasarkan logika fuzzy di mana suhu dan kekeruhan menjadi masukannya sedangkan yang menjadi keluarannya adalah *heater*, pompa dan kategori air berdasarkan perhitungan pada sensor kekeruhan.

Fuzzifikasi

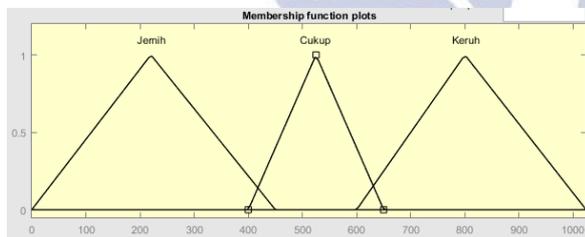
Pada tahap ini dilakukan perancangan *membership function* atau fungsi keanggotaan fuzzy menggunakan kurva segitiga dengan dua input yaitu nilai pembacaan sensor suhu dan nilai pembacaan dari sensor kekeruhan. Kemudian digunakan tiga output yaitu *heater*, pompa dan kategori air.

Pada *input* suhu menggunakan tiga masukan yaitu Dingin dengan nilai 0-25, Normal dengan nilai 24-29, dan Panas dengan nilai 28-50.



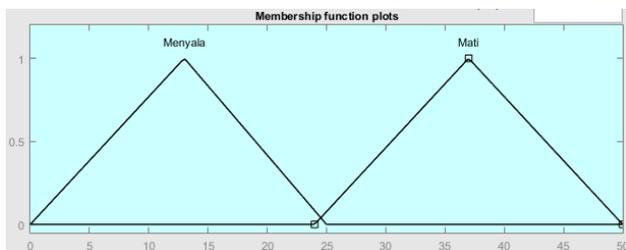
Gambar 5. *Membership Function Input Suhu*

Pada *input* kekeruhan menggunakan tiga masukan yaitu Jernih dengan nilai 0-450 NTU, Cukup dengan nilai 400-650 NTU, dan Keruh dengan nilai 600-1024 NTU.



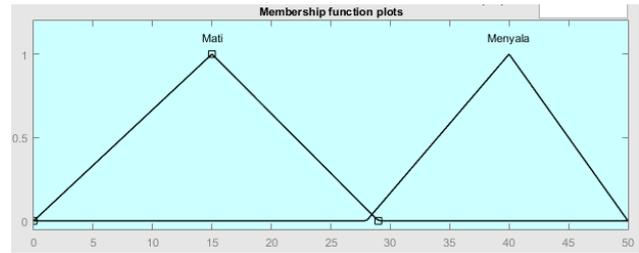
Gambar 6. *Membership Function Input Kekeruhan*

Pada *output heater* menggunakan dua masukan yaitu Menyala dengan nilai 0-25, dan Mati dengan nilai 24-50.



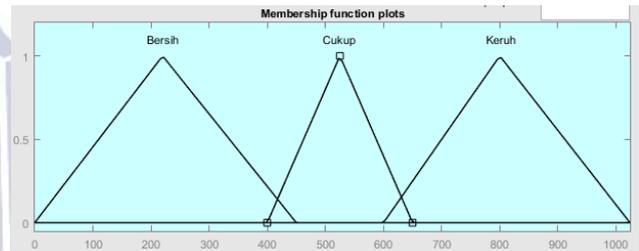
Gambar 7. *Membership Function Output Heater*

Pada *output pompa* menggunakan dua masukan yaitu Mati dengan nilai 0-29, dan Menyala dengan nilai 28-50.



Gambar 8. *Membership Function Output Pompa*

Pada *output* kategori air menggunakan tiga masukan yaitu Jernih dengan nilai 0-450, Cukup dengan nilai 400-650, dan Keruh dengan nilai 600-1024.



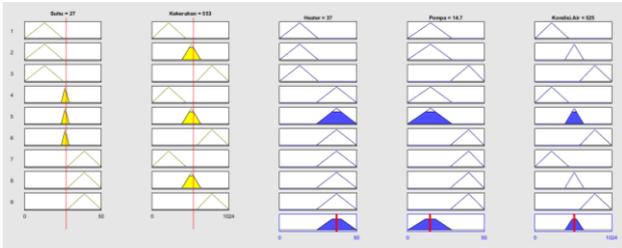
Gambar 9. *Membership Function Output Kondisi Air*

Rule Base

Fuzzy akan bekerja sesuai dengan *rules* atau aturan yang dibuat. Terdapat sembilan *rules* yang diterapkan pada penelitian ini, yaitu:

1. Jika Suhu adalah Dingin dan Kekeruhan adalah Jernih maka *Heater* adalah Menyala, Pompa adalah Mati, Kondisi Air adalah Bersih.
2. Jika Suhu adalah Dingin dan Kekeruhan adalah Cukup maka *Heater* adalah Menyala, Pompa adalah Mati, Kondisi Air adalah Cukup.
3. Jika Suhu adalah Dingin dan Kekeruhan adalah Keruh maka *Heater* adalah Menyala, Pompa adalah Menyala, Kondisi Air adalah Keruh.
4. Jika Suhu adalah Normal dan Kekeruhan adalah Jernih maka *Heater* adalah Mati, Pompa adalah Mati, Kondisi Air adalah Bersih.
5. Jika Suhu adalah Normal dan Kekeruhan adalah Cukup maka *Heater* adalah Mati, Pompa adalah Mati, Kondisi Air adalah Cukup.
6. Jika Suhu adalah Normal dan Kekeruhan adalah Keruh maka *Heater* adalah Mati, Pompa adalah Menyala, Kondisi Air adalah Keruh.
7. Jika Suhu adalah Panas dan Kekeruhan adalah Jernih maka *Heater* adalah Mati, Pompa adalah Menyala, Kondisi Air adalah Bersih.
8. Jika Suhu adalah Panas dan Kekeruhan adalah Cukup maka *Heater* adalah Mati, Pompa adalah Menyala, Kondisi Air adalah Cukup.

9. Jika Suhu adalah Panas dan Kekeruhan adalah Keruh maka Heater adalah Mati, Pompa adalah Menyala, Kondisi Air adalah Keruh.



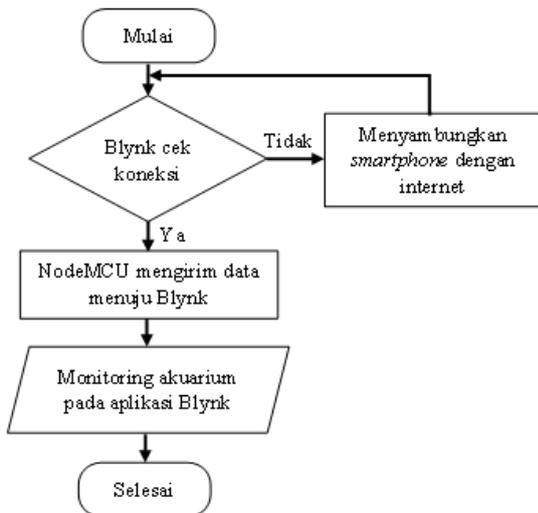
Gambar 10. Tampilan Rule Viewer Matlab

Defuzzifikasi

Pada penelitian ini memerlukan proses yang cepat dan berlangsung secara kontinu, sehingga pada tahap defuzzifikasi menggunakan penalaran metode mamdani.

Perancangan Software

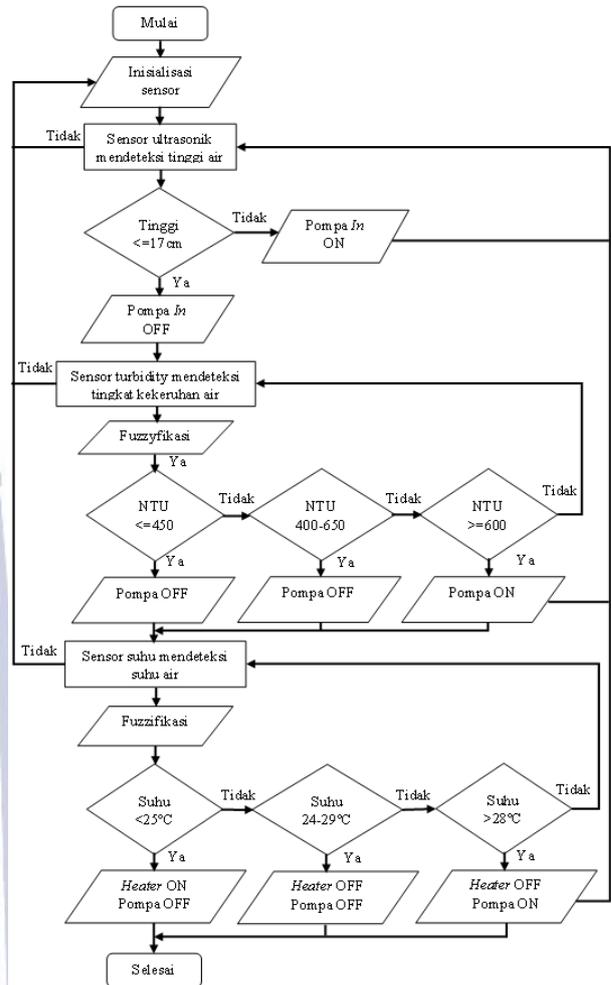
Pada penelitian ini memanfaatkan aplikasi Blynk pada *smartphone* yang terhubung dengan internet untuk melakukan pemantauan akuarium dari jarak jauh.



Gambar 11. Flowchart IoT

Gambar 11 merupakan sebuah diagram alir dari *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk menerima data dari Arduino yang kemudian akan dikirim menuju aplikasi Blynk. Aplikasi Blynk ini berguna untuk menampilkan data pembacaan sensor yang digunakan seperti pembacaan ketinggian air, pembacaan suhu dan nilai kekeruhan.

Pelaksanaan perancangan *software* dilakukan pada aplikasi Arduino menggunakan Bahasa C. Pada tahap ini, aplikasi Arduino akan mengunggah program menuju mikrokontroller.



Gambar 12. Flowchart Akuarium

Dari *flowchart* Gambar 12, kendali suhu pada akuarium diperoleh dari pembacaan sensor suhu yang nilainya menjadi input kemudian diolah oleh Arduino menggunakan logika fuzzy untuk menentukan aksi dari inputan tersebut. Begitu pula dengan pergantian air otomatis diperoleh dari pembacaan sensor kekeruhan. Sehingga dengan adanya logika fuzzy berguna untuk mengontrol suhu dan kekeruhan agar selalu berada pada *setpoint* yang ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Hardware

Penelitian ini menggunakan akuarium berbahan dasar dari kaca dengan ukuran panjang 39 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 20 cm yang berisi ikan manfish indukan berjumlah 3 ekor. Ditambahkan papan kayu pada bagian belakang akuarium sebagai tempat sandaran kedua pompa dan sebagai tempat *box controller* untuk mempermudah pemilik melihat LCD berisi informasi mengenai kondisi akuarium. *Box controller* berisi Arduino Uno yang telah dihubungkan

dengan sensor suhu, sensor kekeruhan, sensor ultrasonik, LCD, nodeMCU ESP8266, kedua pompa, lampu dan *heater*. Hasil rancang bangun akuarium dengan sistem kendali suhu dan pengganti air otomatis ditunjukkan pada Gambar 13.

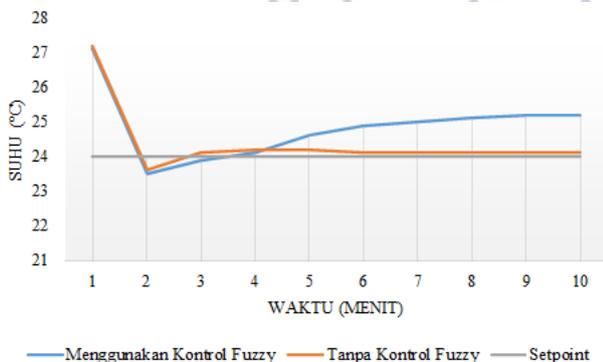


Gambar 13. Bentuk Fisik Akuarium

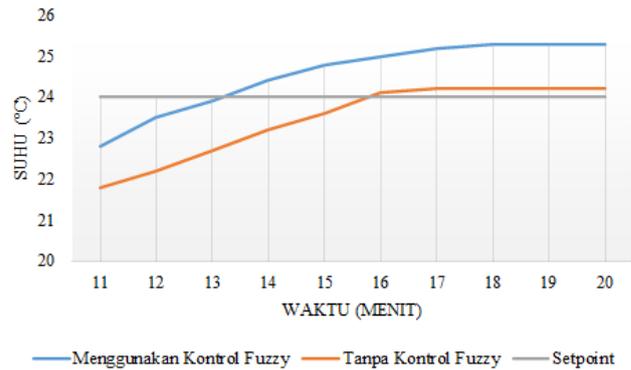
Pengujian Akuarium

Dilakukan dua tahapan pengujian suhu air yaitu pada air akuarium suhu dingin dan suhu panas. Pengujian suhu dilakukan sebanyak tiga kali secara kontinu menggunakan air yang sama selama pengambilan datanya. Dilakukan pula pengujian pada tingkat kekeruhan air sebanyak tiga kali di mana setiap pengambilan data selama 10 menit dilakukan pergantian air. Pengambilan data dilakukan setiap satu menit pada setiap pengujian.

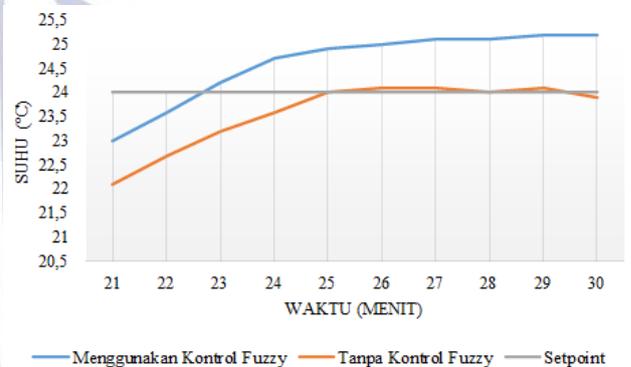
Pada pengujian suhu dingin dilakukan penambahan air es 500ml di mana pengujian menggunakan kontrol memiliki suhu awal yaitu 27,1°C sedangkan suhu awal air akuarium pada pengujian tanpa kontrol yaitu 27,2°C.



Gambar 14. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 1 Akuarium Suhu Dingin Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy



Gambar 15. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 2 Akuarium Suhu Dingin Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy

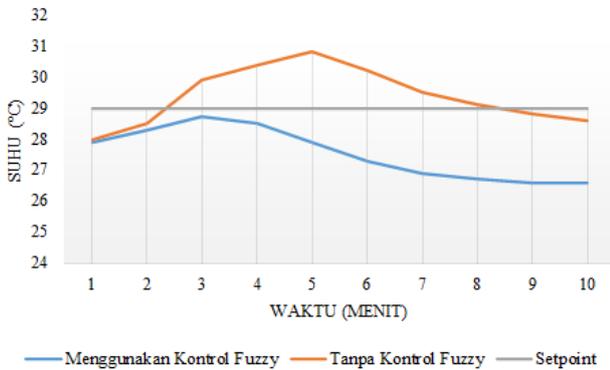


Gambar 16. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 3 Akuarium Suhu Dingin Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy

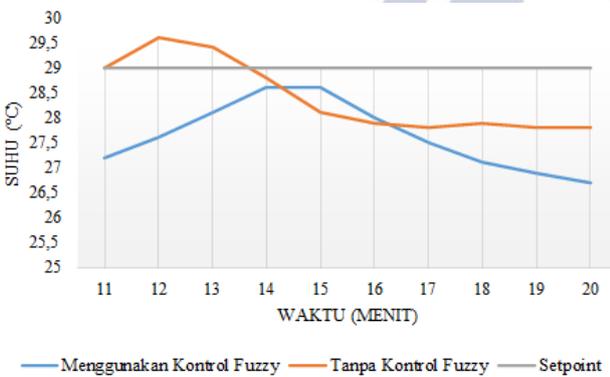
Pada pengujian akuarium air suhu dingin didapatkan perbandingan akuarium menggunakan kontrol fuzzy dan tanpa kontrol fuzzy menghasilkan grafik menaik di setiap pengujian seperti yang terdapat pada Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16. Grafik yang semakin naik ini membuktikan bahwa *heater* bekerja secara aktif memanaskan air pada akuarium saat sensor suhu mendeteksi suhu dingin, sehingga suhu di dalam akuarium dapat naik hingga suhu normal. Pemakaian *heater* pada akuarium dengan kontrol fuzzy berhasil menaikkan suhu air dengan rata-rata sebesar 2,13°C dengan rata-rata waktu *heater* menyala selama 4,3 menit. Sedangkan pemakaian *heater* pada akuarium tanpa menggunakan kontrol berhasil menaikkan suhu air dengan rata-rata sebesar 1,57°C dengan rata-rata waktu *heater* menyala selama 4 menit. Penggunaan kontrol fuzzy dapat menjaga suhu air untuk selalu berada di atas *setpoint* suhu dingin sehingga suhu air semakin mendekati suhu normal dan menjauhi *setpoint*. Sedangkan akuarium tanpa kontrol hanya dapat menaikkan suhu hingga melewati *setpoint* suhu dingin saja.

Pengujian akuarium pada suhu panas dilakukan penambahan air panas 300ml di mana suhu awal air

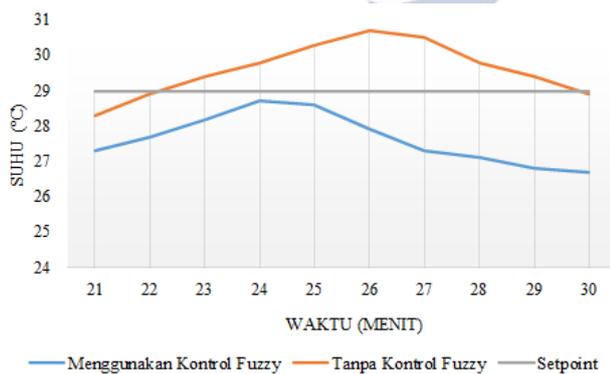
akuarium menggunakan kontrol yaitu 27,9°C sedangkan suhu awal air akuarium tanpa kontrol adalah 28°C.



Gambar 17. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 1 Akuarium Suhu Panas Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy



Gambar 18. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 2 Akuarium Suhu Panas Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy

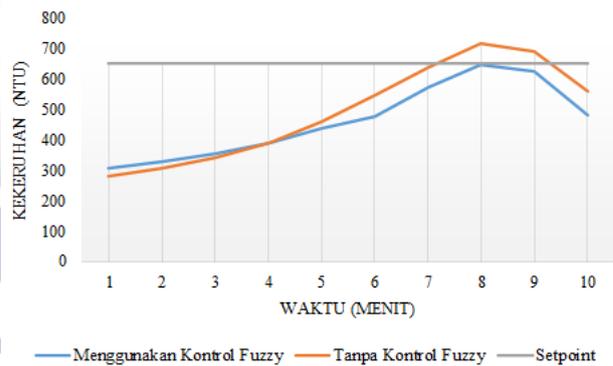


Gambar 19. Perbandingan Grafik Hasil Pengujian 3 Akuarium Suhu Panas Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy

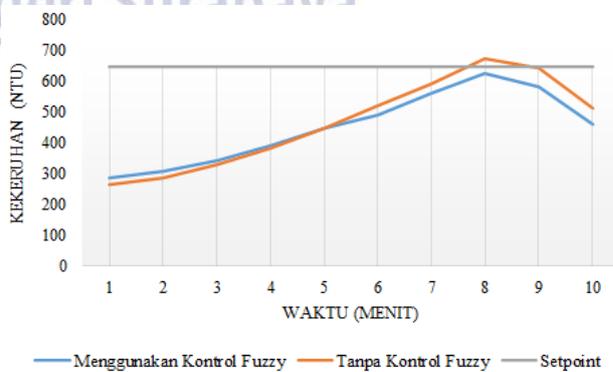
Dari pengujian air dengan suhu panas menghasilkan grafik naik-turun setiap pengujian seperti pada Gambar 17, Gambar 18 dan Gambar 19. Grafik yang dihasilkan membuktikan bahwa dengan bantuan pompa yang aktif melakukan pergantian air saat sensor suhu mendeteksi

suhu panas dapat menurunkan suhu air dalam akuarium. Pompa yang menyala untuk mengganti air saat suhu panas dapat menurunkan suhu air dalam akuarium menggunakan kontrol dengan rata-rata sebesar 2°C sedangkan pada akuarium tanpa menggunakan kontrol dapat menurunkan suhu rata-rata sebesar 1,33 °C. Dari grafik yang dihasilkan dapat diketahui pula bahwa pada akuarium menggunakan kontrol memiliki suhu akhiran yang lebih menjauhi *setpoint* suhu panas dibandingkan suhu akhir akuarium tanpa kontrol, hal ini karena pada akuarium menggunakan kontrol fuzzy memiliki respon lebih cepat sehingga pompa menyala lebih cepat pula untuk mengganti air.

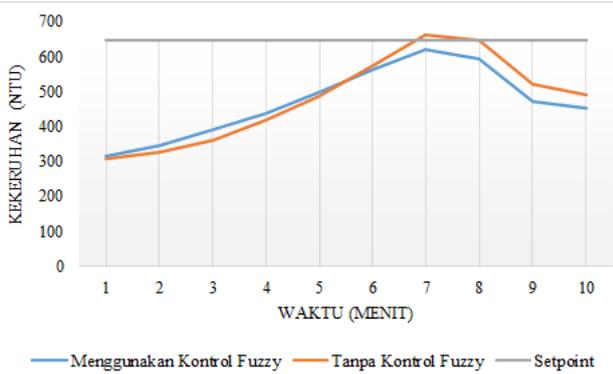
Selain pengujian suhu air akuarium, dilakukan juga pengujian pada tingkat kekeruhan air untuk mengetahui respon dari pompa saat sensor kekeruhan mendeteksi tingkat kekeruhan air pada akuarium dan untuk mengetahui apakah dengan adanya pergantian air setinggi 9cm berpengaruh dapat menurunkan tingkat kekeruhan dalam air. Pengujian kekeruhan dimulai dari air jernih kemudian dilakukan penambahan 20 ml larutan pengeruh air yang terbuat dari pakan ikan yang dihaluskan. Penambahan larutan pengeruh dilakukan hingga pompa menyala.



Gambar 20. Perbandingan Grafik Kekeruhan Hasil Pengujian 1 Akuarium Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy



Gambar 21. Perbandingan Grafik Kekeruhan Hasil Pengujian 2 Akuarium Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy



Gambar 22. Perbandingan Grafik Kekeruhan Hasil Pengujian 3 Akuarium Menggunakan Kontrol Fuzzy dan Tanpa Kontrol Fuzzy

Dari pengujian tingkat kekeruhan dengan nilai *setpoint* keruh 650 NTU menghasilkan grafik naik-turun seperti pada Gambar 20, Gambar 21 dan Gambar 22. Grafik ini membuktikan bahwa dengan pompa yang aktif bekerja secara otomatis melakukan pergantian air saat sensor kekeruhan mendeteksi air keruh dapat menurunkan tingkat kekeruhan air di dalam akuarium. Dengan bantuan pompa yang mengganti air keruh dalam akuarium menggunakan kontrol fuzzy dapat menurunkan tingkat kekeruhan air dengan rata-rata sebesar 167,67 NTU, sedangkan pada akuarium tanpa kontrol dapat menurunkan tingkat kekeruhan air rata-rata sebesar 109 NTU. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa pompa pada akuarium menggunakan kontrol merespon lebih cepat sehingga sebelum mencapai *setpoint* keruh pompa sudah melakukan pergantian air, jadi hasil akhir tingkat kekeruhan dapat lebih jauh dari *setpoint*. Sedangkan pada akuarium tanpa kontrol, hasil akhir tingkat kekeruhan masih kalah rendah dari akuarium dengan kontrol, hal ini dikarenakan pompa baru aktif saat tingkat kekeruhan telah mencapai atau melebihi *setpoint* keruh.

Pemantauan Akuarium

Input yang digunakan dalam penelitian yaitu sensor suhu terhubung pada Arduino pin 12 untuk melakukan pembacaan suhu, sensor kekeruhan (*turbidity sensor*) yang terhubung dengan pin A0 Arduino untuk melakukan pembacaan tingkat kekeruhan air, trigger sensor ultrasonik terhubung pada pin 5 Arduino dan echo sensor ultrasonik terhubung pada Arduino pin 4 yang bekerja untuk mendeteksi ketinggian air. Nilai pembacaan dari sensor tersebut masuk menuju Arduino dan diolah yang kemudian nilainya akan dikirimkan menuju LCD yang terhubung dengan I2C dan pin A4 A5 Arduino. Pemasangan LCD bertujuan untuk melakukan pemantauan secara langsung agar orang lain dapat melihat informasi terkait akuarium

tanpa perlu melihat aplikasi Blynk. Tampilan LCD pada akuarium dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Tampilan LCD pada Akuarium

Sedangkan untuk melakukan pemantauan secara *online* atau jarak jauh memanfaatkan NodeMCU ESP8266 di mana pin D1 D2 terhubung dengan pin 7 6 Arduino untuk menerima data dari Arduino yang kemudian akan dikirim menuju aplikasi Blynk dengan bantuan internet. Agar aplikasi Blynk dapat menerima data, maka SSID pada program Arduino disamakan dengan SSID pada *smartphone* yang digunakan. Data yang dikirim merupakan hasil pembacaan sensor suhu, sensor kekeruhan, dan sensor ultrasonik yang nilainya sama seperti yang dikirim menuju LCD.

Penggunaan aplikasi Blynk pada *smartphone* yang telah terhubung dengan internet berfungsi untuk melakukan pemantauan jarak jauh keadaan akuarium. Aplikasi Blynk berhasil menampilkan informasi keadaan akuarium seperti suhu air beserta kategori suhu dan kekeruhan air beserta kategori kekeruhannya. Saat akuarium melakukan pergantian air, maka Blynk menampilkan keterangan “PERGANTIAN AIR”, namun jika sedang tidak melakukan pergantian air maka akan muncul keterangan “STABIL”. Pemantauan *online* dengan aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Tampilan pada Aplikasi Blynk

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa akuarium yang telah dirancang dengan *fuzzy logic controller* bekerja dengan baik memiliki respon cepat dan tepat dalam menjaga suhu dan kekeruhan air, yang dibuktikan dengan *heater* dan pompa yang aktif sebelum mencapai nilai *setpoint* yang ditentukan sehingga suhu dan kekeruhan air di dalam akuarium tetap terjaga dalam kondisi stabil.

Akuarium menggunakan kontrol fuzzy memiliki respon yang lebih cepat tanggap dalam menjaga suhu dan kekeruhan air, serta suhu akhir dan tingkat kekeruhan yang dihasilkan lebih menjauhi nilai *setpoint* yang ditentukan dibandingkan dengan akuarium tanpa kontrol fuzzy. Hal ini diperkuat dengan adanya hasil perbandingan antara akuarium dengan kontrol fuzzy dan tanpa kontrol fuzzy yaitu pada akuarium menggunakan kontrol fuzzy mengalami peningkatan suhu dingin rata-rata sebesar 2,13°C, penurunan suhu panas rata-rata 2°C dan penurunan kekeruhan air rata-rata sebesar 167,67 NTU, sedangkan akuarium tanpa kontrol fuzzy mengalami peningkatan suhu dingin rata-rata sebesar 1,57°C, penurunan suhu panas rata-rata 1,57°C dan penurunan kekeruhan air rata-rata sebesar 109 NTU.

Pemantauan akuarium dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung (*offline*) melalui LCD yang ada pada akuarium dan secara jarak jauh (*online*) menggunakan aplikasi Blynk pada *smartphone* yang telah terhubung dengan internet.

Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perlunya dilakukan pengembangan terhadap akuarium seperti penambahan sensor yang dapat mendeteksi kandungan oksigen dan pH dalam air untuk mendapatkan informasi lebih rinci mengenai kualitas air di akuarium. Diperlukan pula pengembangan dengan metode yang lain seperti FIS (*Fuzzy Inference System*), ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) atau dengan menggabungkan metode yang lain untuk meningkatkan efisiensi dari akuarium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, orang tua serta keluarga dan teman-teman yang selalu mendoakan dan memberi dukungan. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing hingga peneliti dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Agus Mujahid. 2021. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Rumah Kaca Pada*

Budidaya Bunga Krisan Menggunakan Metode PID. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, Vol. 10, No. 02, 2021.

Barus. Eltra E, Louk. Andreas Ch dan Pinggak. Redi K. 2018. *Otomatisasi Sistem Kontrol pH Dan Informasi Suhu Pada Akuarium Menggunakan Arduino Uno Dan Raspberry PI 3*. Jurnal Fisika Universitas Nusa Cendana, Vol. 3, No. 2, Oktober 2018.

Fauzia. Safira Rahma dan Suceno. Sugeng Heri. 2020. *Resirkulasi Air Untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (Oreochromis niloticus)*. Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat Institut Pertanian Bogor, Vol. 2, No. 5, Juli 2020.

Jayalekshmi N.J., Abraham. Kurian Mathew dan Sobhanakumar K. 2017. *Growth Performance of Angelfish, Pterophyllum Scalare Fed with Different Live Worm Diets*. Journal of Aquatic Biology & Fisheries University of Kerala, Vol. 5. 2017.

MPCA. 2008. *Turbidity: Description, Impact on Water Quality, Sources, Measures*. Minnesota Pollution Control Agency (MPCA).

Murphy. Brian G, Bradway. Daniel, Walsh. Timothy, Sanders. George E. dan Snekvik. Kevin. 2009. *Gastric cryptosporidiosis in freshwater angelfish (Pterophyllum scalare)*. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. Oktober 2009.

Nurdiansyah. Ashuri, Setiawidayat. Sabar dan Mukhsin. Muhammad. 2019. *Perancangan Sistem Pengendali Suhu Pasteurizer Menggunakan Logika Fuzzy*. Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH) Universitas Widyagama Malang, Oktober 2019.

Parihar. Yogendra Singh. 2019. *Internet of Things and NodeMCU: A review of use of NodeMCU ESP8266 in IoT products*. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, Vol. 6, Issue 6, Juni 2019.

Prasetyo. Ivan Bagus, Riadi. Aditya Akbar dan Chamid. Ahmad Abdul. 2021. *Perancangan Smart Aquarium Menggunakan Sensor Turbidity Dan Sensor Ultrasonik Pada Akuarium Ikan Air Tawar Berbasis Arduino Uno*. Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta, Vol. 13, No.2, Juli 2021.

Putra. Agung Gumilar, Hidayat. Iswahyudi dan Sumaryo. Sony. 2019. *Realisasi Sistem Kendali Akuarium Otomatis Pada Pemeliharaan Ikan Hias Air Tawar*. e-Proceeding of Engineering Universitas Telkom, Vol. 6, No.3, Desember 2019.

Putra. Agung Kusuma, Mumpuni. Fia Sri dan Rosmawati. 2017. *Pengaruh Pemberian Pakan Alami Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Maanvis*

(*Pterophyllum scalare*). Jurnal Mina Sains, Vol. 3, No. 1, April 2017.

- Putrawan. I Gede Hery, Rajardjo. Pratolo dan Agung. I Gusti Agung Putu Raka. 2020. *Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 19, No. 1, Januari-Juni 2020.
- Rachman. Firman Pradana dan Santoso. Handri. 2022. *Sistem Kontrol Suhu dan Pakan Otomatis Dalam Aquarium Aquascape Menggunakan Nodemcu ESP8266*. Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi Universitas Pradita, Vol. 9, No. 1, Maret 2022.
- Ramadhan. Muhammad Syaif dan Rivai. Muhammad. 2018. *Sistem Kontrol Tingkat Kekeruhan Pada Aquarium Menggunakan Arduino Uno*. Jurnal Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Vol.7, No. 1, 2018.
- Ramdhani. Ali Husni. 2021. *Implementasi Sistem Akuarium Ikan Louhan Menggunakan Fuzzy Logic*. Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Ribeiro. Maiko Willas Soares, Oliveira. Andriano Teixeira dan Carvalho. Thaís Billalba. 2021. *Water Temperature Modulates Social Behavior of Ornamental Cichlid (*Pterophyllum scalare*) in a artificial system*. Journal of Applied Aquaculture. November 2021.
- Rindra. Aruna Karunika. 2022. *Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis IoT (Internet of Things)*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, Vol. 11, No. 1, 2022.
- Saidi. Said Sulaimn Ambu, ALabri. Khalid Hamed, AL Azwani. Ismail Salim, AL-Shaibani. Saif Azan Ali and Muthu. Annamalai. 2021. *Arduino Based Smart Phone Liquid Level Monitoring System Using Ultrasonic Sensor*. International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 11, Issue 8, August 2021.
- Syah. Allya Allan Putra, Salamah. Ketty Siti dan Ihsanto. Eko. 2019. *Sistem Pemberi Pakan Otomatis, pH Regulator Dan Kendali Suhu Menggunakan Fuzzy Logic Pada Aquarium*. Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana, Vol 10. No.3, September 2019.
- Zubaidah. Anis, Samsundari. Sri dan Insan. Yudi Arifraeka. 2020. *Pertumbuhan dan Kelulusan Hidup Benih Ikan Manfish (*Pterophyllum scalare*) yang Dibudidayakan dengan Kepadatan yang Berbeda Menggunakan Sistem Resirkulasi*. Acta Aquatica: Aquatic Sciencis Journal Universitas Muhammadiyah Malang, 7:1, April 2020.