

PENERAPAN LOGIKA FUZZY TSUKAMOTO PADA RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KEKERUHAN AIR BUDI DAYA IKAN LELE

Muhammad Rizki✉, Eva Darnila, Cut Agusniar

Informatika, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Indonesia

Email: muhammad.200170178@mhs.unimal.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol9No1.pp112-120>

ABSTRACT

This study develops a water quality monitoring system for catfish farming using the Internet of Things (IoT) and Fuzzy Tsukamoto logic. This system consists of a Turbidity Sensor to measure turbidity levels, a DS18B20 sensor to monitor temperature, and a pH meter to measure water acidity levels. Data from the sensors is sent in Realtime to Firebase and displayed in an Android application based on Kodular. The Fuzzy Tsukamoto method is used to analyze data, determine the water quality status whether the water value is Clean, Normal, or Turbid based on predetermined parameters. Based on 14 tests, the system showed an accuracy level of 85.7%, with 12 matching results. In addition, this system is able to provide automatic notifications to users if there are significant changes in water conditions. As a result, this system can help fish farmers monitor water quality efficiently, as well as make decisions about when is the right time to change pond water.

Keyword: *Android, Fish Cultivation, Fuzzy Tsukamoto, Internet of Things, Water Turbidity Monitoring.*

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kualitas air untuk budidaya ikan lele menggunakan Internet of Things (IoT) dan logika Fuzzy Tsukamoto. Sistem ini terdiri dari Turbidity Sensor untuk mengukur tingkat kekeruhan, sensor DS18B20 untuk memantau suhu, serta pH meter untuk mengukur tingkat keasaman air. Data dari sensor dikirim secara Realtime ke Firebase dan ditampilkan dalam aplikasi Android berbasis Kodular. Metode Fuzzy Tsukamoto digunakan untuk menganalisis data, menentukan status kualitas air apakah nilai air tersebut Bersih, Normal, atau Keruh berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Berdasarkan 14 kali pengujian, sistem menunjukkan tingkat akurasi sebesar 85,7%, dengan 12 hasil yang sesuai. Selain itu, sistem ini mampu memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna jika terjadi perubahan signifikan pada kondisi air. Hasilnya, sistem ini dapat membantu pembudidaya ikan dalam memantau kualitas air secara efisien, serta mengambil keputusan kapan waktu yang tepat untuk mengganti air kolam.

Kata Kunci: *Android, Budidaya Ikan, Fuzzy Tsukamoto, Internet of Things, Monitoring Kekeruhan Air.*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk ikan. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan dampak negatif yang signifikan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan, terutama dalam budidaya ikan lele. Ikan lele sangat rentan terhadap perubahan kualitas air, seperti tingkat kekeruhan (NTU), suhu (°C), dan keasaman air (pH) yang tidak sesuai dengan kebutuhan habitatnya. Ideal pH kolam ikan lele 6,5-8, suhu 25°C-30°C, dan kekeruhan air 2–50 NTU. Jika kualitas air tidak terjaga dengan baik, ikan lele bisa mengalami stres, cacat, bahkan kematian yang dapat menyebabkan kerugian bagi pembudidaya ikan (Anissa et al., 2022). Oleh karena itu diperlukannya Turbidity Sensor untuk dapat mengukur kekeruhan pada air. Kondisi suhu juga berpengaruh pada kualitas air,

sehingga diperlukannya sensor DS18B20 untuk mendeteksi nilai suhu pada air. Untuk menghitung nilai asam pada air dapat menggunakan sensor pH (Putrawan et al., 2019).

Beberapa alat yang disebutkan sebelumnya seperti sensor kekeruhan air, sensor suhu, dan sensor pH merupakan alat yang harus terhubung kepada jaringan internet menggunakan mikrokontroler agar dapat beroperasi yang dapat disebut sebagai *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* merupakan suatu sistem yang dapat ditanamkan pada perangkat keras dan kemudian dapat beroperasi berdasarkan *Source Code* (Perintah) yang telah di tanamkan pada sistem yang dapat dikendalikan melalui jaringan internet (Susanto et al., 2022). perangkat harus menggunakan mikrokontroler sebagai otak yang terhubung kepada internet agar mereka dapat beroperasi, biasanya alat

yang dapat digunakan seperti *NodeMCU* ataupun *Arduino Uno*, akan tetapi perlu disesuaikannya penggunaan mikrokontroler pada proyek apa yang ingin mereka kembangkan (Lusita Amelia, 2023).

Perkembangan *IoT* sangat berpengaruh pada dunia Industri ataupun Pertanian. Penerapan *Internet of Things* Pada dunia industri yang dijelaskan pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Mia Wimala dan Imanuela (2022) “Perkembangan *Internet of Things* di Industri Kontruksi” mendapatkan hasil bahwa Enam belas negara berkontribusi dalam penelitian terkait implementasi *IoT* di industri konstruksi dengan total 46 karya ilmiah. tiga negara terbesar yang berpengaruh terkait dalam implementasi *IoT* seperti negara China 41%, Amerika Serikat (United States of America-USA) 9%, dan Inggris Raya (United Kingdom-UK) 7% (Wimala & Imanuela, 2022).

Menurut Kadek Dwi Antoro Oka, Bagus Putu Wahyu Nirmala, dan Made Adi Paramartha Putra (2022) “Model *IoT* Berbasis *Fuzzy Tsukamoto* Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis” dalam konteks ini, metode yang digunakan adalah *Fuzzy Tsukamoto* dan hasil dari penelitian ini penerapan *IoT* menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat digunakan untuk penyemprotan cairan pestisida secara otomatis pada lahan tanaman Kubis. Penerapan *Rule* yang di program pada mikrokontroler sehingga sensor dapat bekerja sesuai dengan ketentuannya. Implementasi metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat bekerja walaupun tidak mencapai 100% tingkat kesempurnaan (Oka, 2022). Sehingga pada penelitian ini diharapkan penulis dapat memberikan kontribusi dalam monitoring kekeruhan air pada budidaya ikan lele dengan menerapkan logika *Fuzzy Tsukamoto* berbasis *mobile* agar dapat memantau kualitas air kolam sehingga dapat mencegah terjadinya hal yang tidak diinginkan pada budidaya ikan seperti cacat ataupun kematian masal pada ikan.

TINJAUAN PUSTAKA

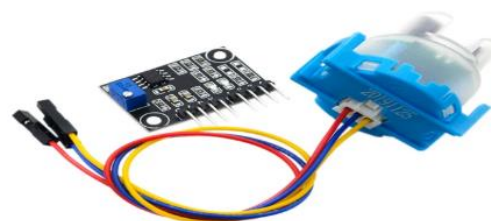
Internet of Things

Internet of Things (*IoT*) adalah suatu konsep yang tujuannya untuk meningkatkan manfaat dari jaringan internet yang terkoneksi secara menyeluruh. Hal ini seperti dapat terhubung pada perangkat mesin, dan benda fisik lainnya dengan menggunakan sensor, aktuator, dengan memanfaatkan penggunaan jaringan agar sensor dan aktuator dapat memperoleh data dan mengelolanya, sehingga mesin dapat bekerja sesuai dengan struktur yang telah ditentukan secara otomatis (Nahdi & Dhika, 2021). pada dasarnya, yang dimaksud dengan *Internet of Things* dimana suatu perangkat

keras dan perangkat keras lain dapat terhubung dengan perantara menggunakan jaringan internet, dengan hal ini suatu mesin dan mesin lainnya yang sudah memiliki perintah dapat bekerja sesuai perintah yang telah diterapkan dengan menggunakan mikrokontroler sebagai otak dari perangkat keras yang akan terhubung dengan jaringan internet sehingga perangkat dapat bekerja sesuai dengan perintah dari mikrokontroler (Hasani & Wulandari, 2023).

Turbidity Sensor

Pada penelitian ini sensor yang digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air menggunakan Turbidity Sensor. Pada dasarnya, partikel kekeruhan tidak dapat dilihat oleh mata langsung. lebih banyak partikel dalam air berarti tingkat kekeruhan air lebih tinggi, dan perubahan tegangan yang dihasilkan sensor akan mengikuti tingkat kekeruhan air yang lebih tinggi. Karena menggunakan LED photodiode (transmitter) dan photodiode (receiver), sensor kekeruhan ini bekerja dengan cara yang sama seperti sensor proximity. Mereka menggunakan cahaya yang dipancarkan pada LED dan kemudian melakukan pemantulan cahaya, yang kemudian dibaca oleh sensor. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang akan ditemukan, semakin sedikit pemantulan cahaya yang diterima, dan sebaliknya (Herawan, 2023).



Sumber : (DFRobo, 2019)

Gambar 1. Turbidity Sensor

pH Meter

Tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan ditunjukkan dengan istilah pH. Konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air dapat disebut dengan keasaman. Nilai pH suatu larutan dapat berkisar antara 0 dan 14. pH module tentu telah sudah waterproof sehingga dapat membaca nilai di dalam air. Nilai pH yang lebih tinggi dari 8,0 menunjukkan bahwa larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH yang lebih rendah dari 6,0 menunjukkan bahwa larutan asam. Sensor pH adalah elektroda gelas yang terdiri dari gelembung gelas pada ujungnya yang sensitif terhadap pH dan dilengkapi dengan elektroda dan larutan klorida dengan pH yang diketahui (Ramdani, 2020).



Sumber : (Cimpleo, 2020)

Gambar 2. pH Meter

Ds18b20

Tidak seperti sensor suhu lainnya, sensor suhu DS18B20 memiliki keluaran digital dan membutuhkan beberapa pin port pada mikrokontroler. Namun, untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, Sensor DS18B20 dalam perhitungannya memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu dari -10°C hingga 85°C (Nurazizah et al., 2017).



Sumber : (DFRobo, 2019)

Gambar 3. Ds18b20

Firebase

Firebase adalah layanan yang disediakan oleh Google yang berguna untuk membantu para developer untuk mengembangkan aplikasi. Firebase termasuk ke dalam *Backend as a Service* (BaaS) yang merupakan cara developer untuk fokus untuk melakukan mengembangkan aplikasi (Piliang & Sariana, 2020). Firebase merupakan platform untuk aplikasi *Realtime*. Ketika data berubah, maka aplikasi yang terhubung dengan Firebase akan melakukan update secara langsung melalui setiap *Device* (perangkat) baik website ataupun Mobile (Furqon et al., 2019).

Kodular

Kodular merupakan situs web penyedia *Tools* untuk membuat aplikasi *Android* yang menggunakan blok programing untuk membuat aplikasi. Salah satu

kesamaan *Kodular* dengan MIT App Inventor adalah bahwa keduanya menggunakan blok programing untuk membuat aplikasi *Android* (Imron, 2023). Meskipun ada banyak kesamaan, *Kodular* juga memiliki beberapa kelebihan dibandingkan *MIT App Inventor*, seperti fitur *Extension IDE* dan *Kodular Store*. Fitur-fitur ini memungkinkan pembangun membuat blok program *extension IDE* sesuai kebutuhan mereka (Ageng Widjaya Saputra, 2020).

METODE PENELITIAN

Agar sistem dapat berjalan penelitian ini menggunakan metode logika *Fuzzy*.

Fuzzy Tsukamoto

Proses perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki beberapa tahapan, berikut merupakan penjelasan dari diagram alurnya:



Gambar 4. Diagram *Fuzzy Tsukamoto*

Fuzzifikasi

Proses perhitungan menggunakan metode *Fuzzy* yaitu melalui beberapa langkah. Langkah pertama dalam membuat perhitungan menggunakan logika *Fuzzy* yaitu menyiapkan input yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan hasil akhirnya. Selanjutnya input tersebut diolah untuk dijadikan himpunan *Fuzzy* yaitu dengan Fuzzifikasi. Fuzzifikasi yaitu perhitungan dari bentuk tegas menjadi bentuk himpunan (Agusniar, 2024). Pada penelitian ini input yang digunakan ada tiga, yaitu kekeruhan air, keasaman air, dan suhu air. kekeruhan air memiliki nilai linguistik yaitu berupa normal, keruh. Keasaman air memiliki nilai linguistik yaitu rendah, normal, tinggi. dan suhu air memiliki nilai linguistik yaitu rendah, sedang, tinggi. Keputusan memiliki nilai linguistik yaitu Bagus, Normal, Keruh.

Tabel 1. Keanggotaan Kekeruhan Air

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Normal	2 NTU-50 NTU
Keruh	48 NTU-200 NTU

Tabel 2. Keanggotaan Keasaman Air

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Asam	0.2 pH-6.5 pH
Normal	6.3 pH-8 pH
Basa	7.8 pH-14 pH

Tabel 3. Keanggotaan Suhu Air

Nama Keanggotaan	Nilai Keanggotaan
Rendah	0 °C-25 °C
Normal	23 °C- 30 °C
Tinggi	28 °C- 50 °C

Pembentukan Rule

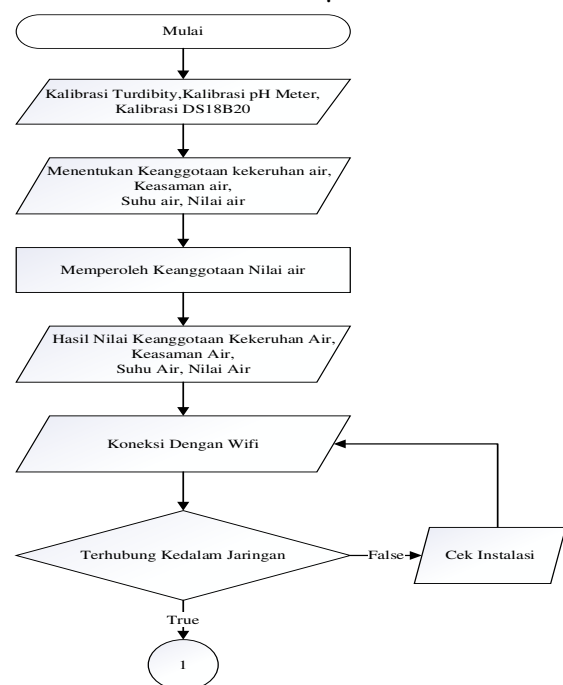
Setelah proses Fuzzifikasi, proses selanjutnya yaitu adalah pembentukan aturan-aturan *Fuzzy*. Aturan-aturan tersebut digunakan untuk menyatakan keterkaitan antara keanggotaan kekeruhan air, keasaman air, suhu air untuk menentukan keanggotaan pada nilai air.

Tabel 4. Penerapan Rule Fuzzy

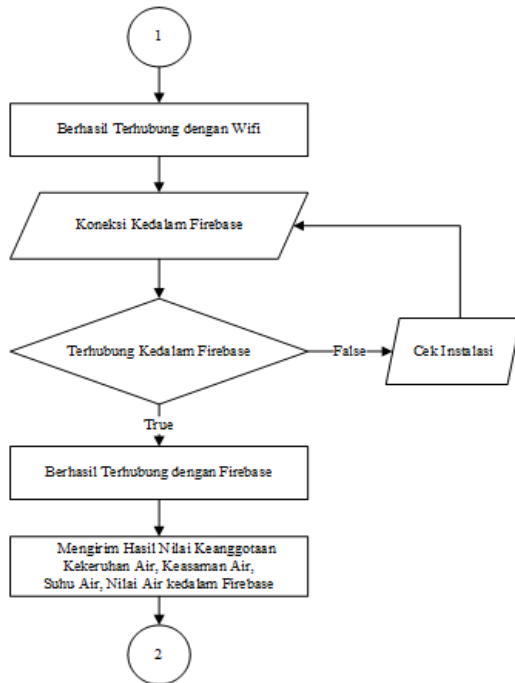
Rule	Input			Output
	Kekeruhan Air	Keasaman Air	Suhu Air	
1	Normal	Asam	Rendah	N
2	Normal	Asam	Normal	N
3	Normal	Asam	Tinggi	K
4	Normal	Normal	Rendah	B
5	Normal	Normal	Normal	B
6	Normal	Normal	Tinggi	B
7	Normal	Basa	Rendah	N
8	Normal	Basa	Normal	N
9	Normal	Basa	Tinggi	K
10	Keruh	Asam	Rendah	N
11	Keruh	Asam	Normal	K
12	Keruh	Asam	Tinggi	K
13	Keruh	Normal	Rendah	N
14	Keruh	Normal	Normal	N
15	Keruh	Normal	Tinggi	N
16	Keruh	Basa	Rendah	N
17	Keruh	Basa	Normal	K
18	Keruh	Basa	Tinggi	K

Desain Sistem

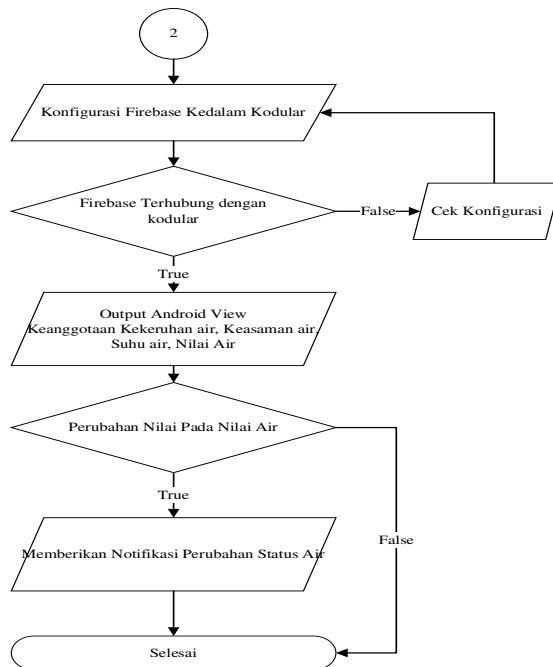
Pada *ArduinoIDE* akan dilakukan kalibrasi *Turbidity Sensor*, *pH* meter, dan *DS18B20*, selanjutnya *ArduinoIDE* akan menentukan keanggotaan *Fuzzy* dari kekeruhan air, keasaman air, dan suhu air. Setelah keanggotaan telah didapatkan, setiap nilai yang dibaca oleh *Turbidity Sensor*, *pH* meter, dan *DS18B20* akan menampilkan *output* dari keanggotaan kekeruhan air, keasaman air, suhu air, dan nilai air. setelah menentukan keanggotaan dilakukannya koneksi *wifi* dengan menyesuaikan *SSID* dan *Password wifi*. Jika koneksi gagal maka cek instalasi *SSID* dan *Password wifi*, dan jika berhasil selanjutnya koneksikan program dari *ArduinoIDE* kedalam *Firestore* dengan menyesuaikan *Firestore host* dan *Firestore auth*. Jika gagal cek kembali instalasi pada *Firestore host* dan *Firestore auth*. Jika berhasil *output* dari keanggotaan kekeruhan air, keasaman air, suhu air, dan nilai air akan dikirim kedalam *Real-time database* pada *Firestore*. Selanjutnya dilakukannya konfigurasi *Firestore* kedalam *Kodular* dengan menyesuaikan konfigurasi *Firestore token* dan *FirestoreURL*. Jika gagal sesuaikan kembali konfigurasi *Firestore token* dan *FirestoreURL* dan jika berhasil data *output* yang ada didalam *Firestore* akan ditampilkan dalam bentuk tampilan *Mobile*. Kemudian jika terjadi perubahan pada keanggotaan nilai air maka sistem akan memberikan notifikasi perubahan status air, dan jika tidak ada perubahan pada keanggotaan nilai air sistem tidak akan memberikan notifikasi pada keanggotaan nilai air.



Gambar 5. Desain Sistem



Gambar 6. Desain Sistem (Lanjutan)



Gambar 7. Desain Sistem (Lanjutan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

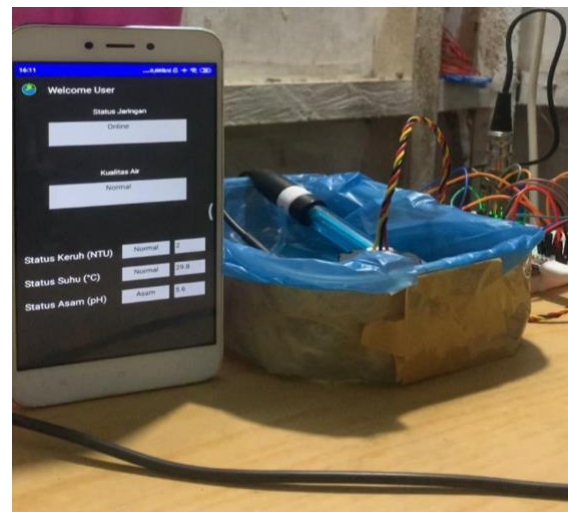
Pengujian pada sensor sangat merupakan hal yang sangat penting dilakukan dalam pembuatan *Prototype* sistem monitoring kekeruhan air ini. Pada masing-masing sensor seperti Sensor Turbidity, pH meter, DS18B20 akan dilakukan pengujian apakah sensor dapat membaca masing-masing nilai seperti

NTU, pH, dan suhu. Pada pengujian ini dilakukan 7 kali pengujian menggunakan air kolam ikan yang lama dan 7 kali pengujian menggunakan air kolam yang baru diganti.

Tabel 5. Pengujian Sistem

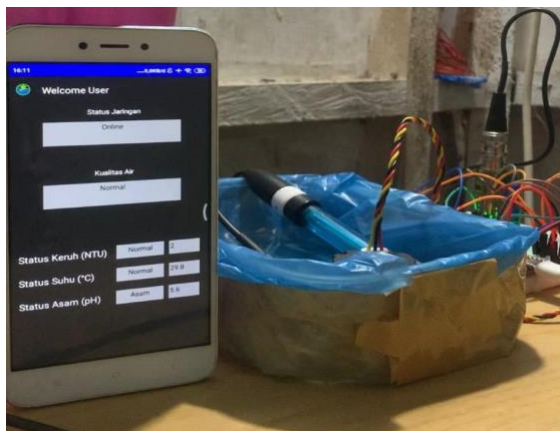
Status air	Sensor Turbidity	Sensor pH Meter	Sensor DS18B20	Perubahan Kualitas Air
Air kolam baru	Membaca	Membaca	Membaca	Tidak Keruh
Air kolam lama	Membaca	Membaca	Membaca	Keruh

Pada tabel pengujian diatas Sensor Turbidity, sensor pH Meter, dan sensor DS18B20 dapat membaca status air yang ada pada air kolam baru dan air kolam lama. Dengan menerapkan fungsi logika *Fuzzy Tsukamoto* setelah Sensor Turbidity, sensor pH Meter, dan sensor DS18B20 dapat membaca nilai pada air kolam baru dan air kolam lama maka perubahan pada kualitas air dapat terjadi.



Gambar 8. Pengujian Air Baru

Pada gambar 9 menjelaskan pada pengujian air baru dimana *WiFi* dapat diinstalasi dan menampilkan status jaringan online, setelah *WiFi* terhubung dengan menerapkan fungsi logika *Fuzzy Tsukamoto* sehingga Turbidity Sensor, sensor pH Meter, sensor DS18B20 dapat mengirim *Output* kepada *Firestore* dan dilanjutkan menampilkan *Output* oleh *Kodular* berupa aplikasi dan tampilan *Android* dengan nilai baca yaitu 2 NTU dengan status keanggotaan Normal, 5,6 pH dengan keanggotaan Asam, 29,8 °C dengan status Normal. Pada pembentukan *Rule Fuzzy* didapatkannya keanggotaan dari status air yaitu normal.



Gambar 9. Pengujian Air Lama

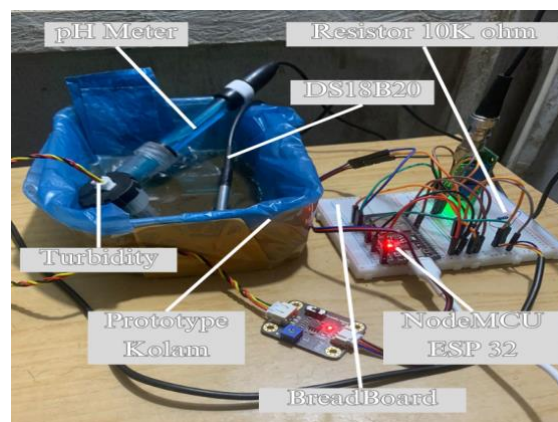
Berikutnya pada gambar 10 menjelaskan pada pengujian air lama dimana *WiFi* dapat diinstalasi dan menampilkan status jaringan online, setelah *WiFi* terhubung dengan menerapkan fungsi logika *Fuzzy Tsukamoto* sehingga Turbidity Sensor, sensor pH Meter, sensor DS18B20 dapat mengirim *Output* kepada *Firebase* dan dilanjutkan menampilkan *Output* oleh *Kodular* berupa aplikasi dan tampilan *Android* dengan nilai baca yaitu 65,9 NTU dengan status keanggotaan Keruh, 6,1 pH dengan keanggotaan Asam, 30,7 °C dengan status Tinggi. Pada pembentukan *Rule Fuzzy* didapatkannya keanggotaan dari status air yaitu keruh.

Tabel 6. Pengujian Kualitas Air

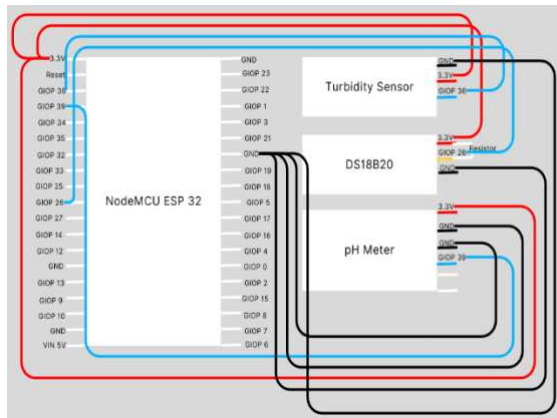
Sampel Air	Nilai anggota kekeruhan	Nilai anggota keasaman	Nilai anggota suhu	Status nilai air
Air kolam lama	90 (Keruh)	5.6 (Asam)	30 (Normal)	Keruh
Air kolam lama	65.9 (Keruh)	6.1 (Asam)	30.7 (Tinggi)	Keruh
Air kolam lama	88 (Keruh)	5.7 (Asam)	30 (Normal)	Keruh
Air kolam lama	2 (Normal)	5.9 (Asam)	30.5 (Tinggi)	Normal
Air kolam lama	45 (Normal)	6.1 (Asam)	30.5 (Tinggi)	Keruh
Air kolam lama	78 (Keruh)	6.0 (Asam)	30.7 (Tinggi)	Keruh
Air kolam lama	2 (Normal)	5.8 (Asam)	30.2 (Tinggi)	Normal
Air kolam baru	2 (Normal)	5.5 (Asam)	30 (Normal)	Normal
Air kolam baru	2 (Normal)	5.9 (Asam)	30.2 (Tinggi)	Normal
Air kolam baru	4 (Normal)	5.8 (Asam)	30.3 (Tinggi)	Normal
Air kolam baru	2 (Normal)	5.7 (Asam)	30 (Normal)	Normal
Air kolam baru	2 (Normal)	5.7 (Asam)	30.2 (Tinggi)	Normal
Air kolam baru	14 (Normal)	5.9 (Asam)	30 (Normal)	Normal
Air kolam baru	3 (Normal)	5.8 (Asam)	30 (Normal)	Normal

Pengembangan Hardware

Pengembangan ini melibatkan beberapa komponen seperti *NodeMCU ESP32* sebagai mikrokontroler, Turbidity Sensor sebagai pembaca nilai kekeruhan, pH Meter sebagai pembaca nilai keasaman, DS18B20 sebagai pembaca nilai suhu, Resistor 10K ohm sebagai pengontrol tegangan arus, dan *Breadboard* sebagai alat yang digunakan untuk membuat *Prototype* elektronik. Berikut adalah penerapan komponen pada *Hardware*. Wujud dari hardware yang digunakan disajikan pada gambar 12 berikut:



Gambar 10. Pengembangan Hardware



Gambar 11. Skema Penerapan Komponen

NodeMCU ESP 32 - Turbidity Sensor

1. Pin GIOP 36 pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin OUT GIOP 36 pada module Turbidity Sensor.
2. Pin 3.3V pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin VCC 3.3V pada module Turbidity Sensor.
3. Pin GND pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin GND pada module Turbidity Sensor.

NodeMCU ESP 32 – DS18B20

1. Pin GIOP 26 pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin DQ GIOP 26 pada module DS18B20.
2. Pin 3.3V pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin VCC 3.3V pada module DS18B20.
3. Pin GND pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin GND pada module DS18B20.
4. Resistor 10K ohm pada pin VCC dan DQ dari module DS18B20 saling terhubung.

NodeMCU ESP 32 - Sensor pH Meter

1. Pin GIOP 39 pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin PO GIOP 39 pada module pH Meter.
2. Pin 3.3V pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin VCC 3.3V pada module pH Meter.
3. Pin GND pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin GND pada module pH Meter.
4. Pin GND pada *NodeMCU* ESP 32 terhubung ke pin GND pada module pH Meter.

Fuzzifikasi

Pembentukan keanggotaan merupakan langkah awal pada logika *Fuzzy*. Pada penelitian terdapat beberapa keanggotaan dari Turbidity Sensor, DS18B20, Sensor pH Meter, dan keanggotaan pada nilai air. Berikut merupakan Fuzzifikasi pada kekeruhan air:

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 50 \\ \frac{100-x}{50} & \text{jika } 50 < x \leq 100 \\ 0 & \text{jika } x > 100 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Keruh}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 50 \\ \frac{x-50}{50} & \text{jika } 50 \leq x < 100 \\ 1 & \text{jika } x \geq 100 \end{cases}$$

Fuzzifikasi pada suhu air

$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 25 \\ \frac{30-x}{5} & \text{jika } 25 < x \leq 30 \\ 0 & \text{jika } x > 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 25 \text{ atau } x > 35 \\ \frac{x-25}{5} & \text{jika } 25 < x \leq 30 \\ \frac{35-x}{5} & \text{jika } 30 < x \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 30 \\ \frac{x-30}{5} & \text{jika } 30 < x \leq 35 \\ 1 & \text{jika } x > 35 \end{cases}$$

Fuzzifikasi pada keasaman air

$$\mu_{\text{Asam}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \leq 6.5 \\ \frac{7-x}{0.5} & \text{jika } 6.5 < x \leq 7 \\ 0 & \text{jika } x > 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 6.5 \text{ atau } x > 8 \\ \frac{x-6.6}{0.5} & \text{jika } 6.5 < x \leq 7 \\ \frac{8-x}{1.0} & \text{jika } 7 < x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Basa}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 7 \\ \frac{x-7}{1.0} & \text{jika } 7 < x \leq 8 \\ 1 & \text{jika } x > 8 \end{cases}$$

Setelah Fuzzifikasi langkah selanjutnya adalah pembentukan *Rule*, pembentukan *Rule* terdiri dari 18 *Rule*. *Rule* tersebut dibentuk berdasarkan keanggotaan kekeruhan air, keanggotaan keasaman air, keanggotaan suhu air untuk mendapatkan keanggotaan nilai air seperti bersih, normal, dan keruh. *Rule* tersebut dapat dilihat di gambar 5.

Setelah pembentukan *Rule*, tahap selanjutnya adalah Inferensi. Inferensi merupakan tahapan dimana menentukan nilai MIN dari *Rule* untuk menentukan nilai numerik keanggotaan nilai air, seperti keanggotaan Bersih = 0, Normal = 50, Keruh = 100.

Setelah tahapan Inferensi, selanjutnya memasuki tahap akhir yaitu Defuzzifikasi yang dimana akan menghasilkan nilai crisp (nilai tegas) dari tahapan Fuzzifikasi, pembentukan *Rule*, dan Inferensi. Berikut penerapan Fuzzifikasi:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{rule}_i \times \text{output}_i)}{\sum_{i=1}^n \text{rule}_i}$$

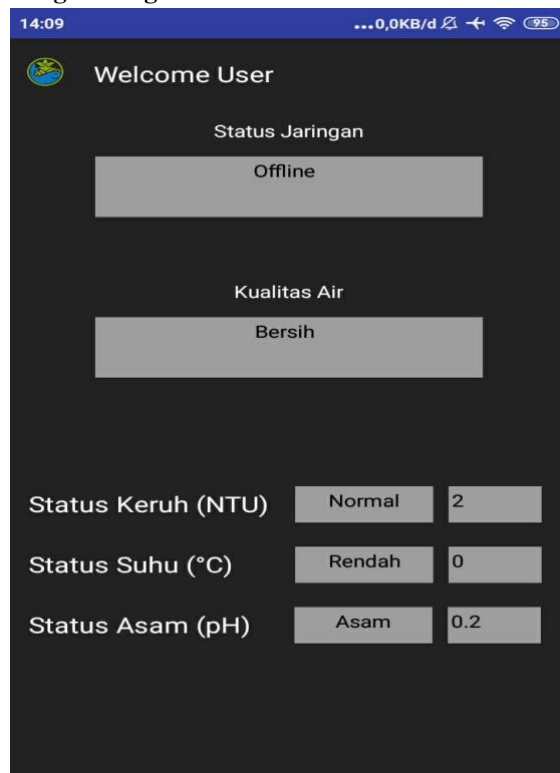
Setelah nilai tegas diperoleh, selanjutnya nilai tegas akan digunakan untuk menentukan Status Nilai Air dengan memiliki tiga kategori diantaranya Bersih, Normal, dan Keruh. Pada keanggotaan Bersih nilai tegas dari Defuzzifikasi lebih kecil atau sama dengan

33, keanggotaan Normal nilai tegas dari Defuzzifikasi lebih kecil atau sama dengan 66, keanggotaan Keruh nilai tegas dari Defuzzifikasi lebih besar dari 66.

```
// Fungsi untuk mengubah Nilai Defuzzifikasi
String kategoriAir(float nilaiAir) {
    if (nilaiAir <= 33) {
        return "Bersih";
    } else if (nilaiAir <= 66) {
        return "Normal";
    } else {
        return "Keruh";
    }
}
```

Gambar 12. Status Nilai Air

Pengembangan Sistem



Gambar 13. Aplikasi Monitoring Kekeruhan Air

Pada gambar 15 merupakan tampilan aplikasi *Android* secara menyeluruh setelah *ArduinoIDE* melakukan konfigurasi kedalam *Firestore* dan setelah *Firestore* dapat menerima data dari masing-masing sensor agar data dapat ditampilkan dalam bentuk *Android View* diperlukannya untuk melakukan konfigurasi seperti memasukkan serial token *Firestore* kedalam fungsi *Kodular*. Setelah *Kodular* terhubung kedalam *Firestore* maka nilai yang telah dibaca oleh sensor DS18B20, Turbidity Sensor, dan sensor pH meter akan dikirim kedalam *Firestore* dan *Firestore* akan mengirim kedalam aplikasi yang telah dibuat menggunakan *Kodular*. Akan tetapi jika aplikasi tidak

terhubung dengan jaringan internet maka nilai baca dari sensor tidak dapat dikirim kedalam aplikasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari sistem yang telah diterapkan, maka terdapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring kekeruhan air dengan menggunakan Turbidity Sensor sebagai pembaca kekeruhan air, sensor DS18B20 sebagai pembaca suhu air, dan sensor pH meter sebagai pembaca keasaman air. Dengan penerapan *Kodular* dan *Firestore* sistem juga dapat menghasilkan *Output* yang akan ditampilkan dalam tampilan *Android View* dan juga sistem juga dapat memberikan notifikasi jika terjadi perubahan pada nilai air.
2. Sistem dapat menerapkan fungsi logika *Fuzzy Tsukamoto* dalam menentukan apakah nilai air tersebut Bersih, Normal, atau Keruh dari melakukan 14 kali pengujian dengan keberhasilan 12 kali pengujian didapatkan tingkat keakuratan 85.7%.
3. Secara keseluruhan, sistem dapat memberikan solusi yang efisien bagi pembudidaya ikan lele agar dapat mengetahui jika air pada kolam harus diganti atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ageng Widjaya Saputra, W. A. K. W. S. (2020). *Rancang Bangun Aplikasi Pemesanan Molly Molen Malang Berbasis Android Menggunakan Metode Waterfall*.
- Agusniar, C., Khaira, R., & Ramadan, R. (2024). *Implementation of Tsukamoto Fuzzy Logic to Determine Sheep Livestock Population Based on Gender and Age Category in Aceh Tamiang Regency*.
- Anisah, N., Aulia, M. T., Sulisty, E., & Irwan, I. (2022, September). Sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada budidaya ikan lele dengan media kolam berbasis iot. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* (Vol. 2, No. 02, pp. 29-34).
- Zainuddin Lapi, I., Kholis, N., & Anifah, L., (2023). Rancang Bangun Purwarupa Aplikasi Masjid Pintar. In *Jurnal Teknologi dan Informasi*.
- Furqon, A., Prasetyo, A. B., & Widiyanto, E. D. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 18(2), 93-104.
- Herawan, F. R., Darlys, D., & Haryanti, T. (2023). Sistem Pengukur Tinggi Dan Kekeruhan Air

- Dalam Tandon Menggunakan Teknologi Visible Light Communication Dan Aplikasi Android. *eProceedings of Applied Science*, 9(3).
- Hasani, M. I., & Wulandari, S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, 5(3), 149–161. <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v5i3.573>
- Lusita Amelia. (2023, April 20). *Pengertian Internet of Things (IoT)*. Linknet.Id.
- Nahdi, F., & Dhika, H. (n.d.). *Analisis Dampak Internet of Things (IoT) Pada Perkembangan Teknologi di Masa Yang Akan Datang 33*.
- Nurazizah, E., Ramdhani, M., & Rizal, A. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra. *eProceedings of Engineering*, 4(3)..
- Oka, I. K. D. A., Nirmala, B. P. W., & Putra, M. A. P. (2022). Model IoT Berbasis Fuzzy Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 18(2), 141-150.
- Piliang, F., & Sariana, N. (2020). FIREBASE (Studi Kasus : Konfeksi Minister). *Jurnal Sistem Informasi Dan Sains Teknologi*, 2(2).
- Putrawan, I. G. H., Rahardjo, P., & Agung, I. G. A. P. R. (2019). Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i01.p01>
- Ramdani, D., Mukti Wibowo, F., & Adi Setyoko, Y. (2020). *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram*. 3(1), 59–068. <https://doi.org/10.20895/INISTA.V2I2>
- Susanto, F., Komang Prasiani, N., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet Of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. In *Jurnal IMAGINE* (Vol. 2, Issue 1).
- Wimala, M., & Imanuela, K. (2022). Perkembangan Internet of Things di Industri Konstruksi. *Journal of Sustainable Construction*, 1(2), 43-51.