

**SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA BIBIT
IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*
BERBASIS *INTERNET of THINGS***

SKRIPSI



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PENGAJUAN

**SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA BIBIT
IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*
BERBASIS *INTERNET of THINGS***

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh:
ERWIN KRISTIAN PUTRA
NIM. 16650007**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA BIBIT
IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI
BERBASIS INTERNET of THINGS**

SKRIPSI

oleh:

**ERWIN KRISTIAN PUTRA
NIM 16650007**

Telah Diperiksa dan Disetujui
untuk Diuji Tanggal : 12
Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Suhartono, M.Kom
NIP 19680619 200312 1 001

Dr. Muhammad. Faisal, M.T
NIP 19740510 200501 1 007

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA BIBIT
IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*
BERBASIS *INTERNET of THINGS*
SKRIPSI

Oleh:
ERWIN KRISTIAN PUTRA
NIM 16650007

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 30 Desember 2020

Susunan Dewan Penguji :

Tanda Tangan

| | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|
| Penguji Utama | : | <u>Roro Ina Melani, S.Kom., M.Sc</u> NIP. 197809252005012008 | (|) |
| Ketua Penguji | : | <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIP. 19840731201608011076 | (|) |
| Sekretaris Penguji | : | <u>Prof. Dr. Suhartono, M.Kom</u> NIP. 196805192003121001 | (|) |
| Anggota Penguji | : | <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 197405102005011007 | (|) |

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erwin Kristian Putra
Nim : 16650007
Jurusan : Teknik Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Hias Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* Berbasis *Internet of Things*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian dan penulisan skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui menjadi hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan atau referensi pada daftar pustaka. Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Malang, 12 Desember 2020
Yang membuat pernyataan




Erwin Kristian Putra
Nim 16650007

KATA PENGANTAR

Assamu'alaikum Warohmatullaahi Wabarakaatuh

Segala puji bagi *Ilahi Rabbi* Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya. Sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Sistem Monitoring Kualitas Air pada Bidudaya Bibit Ikan Hias Menggunakan *Metode Fuzzy Mamdani* Berbasis *Internet of Things*”.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan serta bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan besar hati penulis ingin mengucapkan terima kasih serta doa yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Suhartono, M.Kom, selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing, serta memberikan masukan, saran dan juga arahan hingga akhir.
2. Dr. Muhammad Faisal, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah dengan teliti membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi.
3. Roro Inda Melani, S. Kom., M.Sc dan Ajib Hanani, M.T selaku dosen penguji dengan sikap profesional telah menguji seluruh proses ujian sidang skripsi penulis mulai dari seminar proposal hingga sidang skripsi yang berjalan dengan lancar.
4. Seluruh jajaran staf dan dosen jurusan Teknik Informatika secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam proses pengerjaan skripsi.
5. Bapak Yatradi dan Ibu Jumiati selaku ayah dan ibu serta keluarga yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis agar selalu berusaha menyelesaikan skripsi tepat waktu.

6. Seluruh sahabat, teman se-angkatan, kakak tingkat, adik tingkat dan seluruh teman-teman seperjuangan baik secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam proses pengerjaan skripsi.
7. Untuk Zaki Mukhammad dan Ahmad Habibil Mustofa yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Untuk Rahmawati selaku sahabat yang selalu memberikan doa dan dukungan sebagai penyemangat penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis sangat menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu penulis membuka kesempatan selebar-lebarnya untuk setiap saran dan kritik yang membangun. Terlepas dari kekurangan skripsi ini, peneliti berharap ada manfaat yang dapat diambil oleh kita semua. *Aamiin ya rabbal'aalamin.*

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatu

Malang, 30 Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGAJUAN | ii |
| LEMBAR PERSETUJUAN | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| ABSTRAK | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| ملخص البحث | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah Penelitian..... | 4 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Penelitian Terkait..... | 6 |
| 2.2 <i>IoT (Internet of Things)</i> | 9 |
| 2.3 Indeks Kualitas Air | 11 |
| 2.4 Arduino | 12 |
| 2.5 Sensor | 14 |
| 2.5.1 Sensor Suhu DS18B20 | 14 |
| 2.5.2 Sensor pH SEN0161-V2..... | 16 |
| 2.5.3 Sensor Turbiditas SKU SEN0189 | 17 |
| 2.6 NodeMCU ESP8266..... | 19 |
| 2.7 Logika <i>Fuzzy</i> | 20 |
| 2.7.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> | 21 |
| 2.7.2 Metode <i>Fuzzy Mamdani</i> | 22 |
| BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI | 24 |
| 3.1 Analisis Kebutuhan..... | 25 |
| 3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak | 25 |
| 3.2 Desain Sistem..... | 25 |
| 3.2.1 Blok Diagram Sistem | 26 |
| 3.2.2 Flowchart Sistem..... | 27 |
| 3.2.3 Flowchart Proses <i>Fuzzy Mamdani</i> | 29 |
| 3.3 Implementasi Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>..... | 30 |
| 3.3.1 Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i> | 30 |
| 3.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi..... | 33 |
| 3.3.3 Komposisi Aturan | 35 |
| 3.3.4 Defuzzifikasi | 36 |
| 3.4 Rancangan Eksperimen..... | 38 |
| 3.5 Desain User Interface dan Database | 39 |
| 3.5.1 Desain <i>User Interface</i> | 39 |
| 3.5.2 Desain <i>Database</i> | 40 |
| BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN..... | 42 |
| 4.1 Implementasi Fuzzy Pada Mikrokontroler | 42 |
| 4.1.1 Implementasi Fuzzy | 42 |
| 4.1.2 Implementasi Aplikasi Fungsi Implikasi | 44 |
| 4.1.3 Implementasi Komposisi Aturan..... | 45 |
| 4.1.4 Implementasi Defuzzifikasi | 47 |
| 4.2 Pengujian Alat..... | 49 |
| 4.2.1 Pengujian Kalibrasi | 52 |
| 4.3 Pembahasan..... | 57 |
| 4.3.1 Sistem <i>Hardware</i> | 57 |
| 4.3.2 Sistem <i>Software</i> | 59 |
| 4.4 Integrasi Islam..... | 60 |
| BAB V PENUTUP | 63 |
| 5.1 Kesimpulan | 63 |
| 5.2 Saran..... | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Arduino Uno | 13 |
| Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20 | 14 |
| Gambar 2.3 Sensor pH SEN0161-V2..... | 16 |
| Gambar 2.4 Sensor Turbiditas SKU SEN0189 | 17 |
| Gambar 2.5 NodeMCU ESP8266 | 19 |
| Gambar 3.1 Prosedur Penelitian | 24 |
| Gambar 3.2 Diagram Blok | 26 |
| Gambar 3.3 Flowchart Sistem | 28 |
| Gambar 3.4 Flowchart Proses Fuzzy Mamdani | 29 |
| Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Suhu | 31 |
| Gambar 3.6 Derajat Keanggotaan pH | 31 |
| Gambar 3.7 Derajat Keanggotaan Kekeruhan..... | 32 |
| Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan Kualitas Air..... | 33 |
| Gambar 3.9 Desain User Interface | 40 |
| Gambar 3.10 Desain Database | 41 |
| Gambar 4.1 Source Code Fuzzyfikasi Suhu..... | 43 |
| Gambar 4.2 Source Code Fuzzyfikasi pH | 43 |
| Gambar 4.3 Source Code Fuzzyfikasi kekeruhan | 44 |
| Gambar 4.4 Source Code Aplikasi Fungsi Implikasi | 45 |
| Gambar 4.5 Source Code Mencari Nilai Maksimal | 46 |
| Gambar 4.6 Source Code Menghitung Komposisi Aturan..... | 46 |
| Gambar 4.7 Mencari Nilai Momentum | 48 |
| Gambar 4.8 Mencari Nilai Luas Area | 49 |
| Gambar 4.9 Sampel Pengujian | 51 |
| Gambar 4.10 Nilai Suhu Termometer | 53 |
| Gambar 4.11 Nilai Suhu Sensor | 53 |
| Gambar 4.12 Serbuk Kalibrasi pH 6.86 | 54 |
| Gambar 4.13 Nilai Sensor pH | 55 |
| Gambar 4.14 Air Mineral Pembanding | 56 |
| Gambar 4.15 Nilai Sensor Kekeruhan..... | 57 |
| Gambar 4.16 Hardware Sistem..... | 58 |
| Gambar 4.17 User Interface Sistem..... | 59 |
| Gambar 4.18 Database dan Server Sistem | 60 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Indeks Kualitas Air..... | 11 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP8266..... | 20 |
| Tabel 3.1 Rancangan Hasil Uji Coba | 38 |
| Tabel 4.1 Pengujian Alat | 50 |



ABSTRAK

Putra, Erwin Kristian. 2020. **SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BIDUDAYA BIBIT IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS INTERNET of THINGS**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Pembimbing: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom (II) Dr. Muhammad. Faisal, M.T

Kata Kunci : Internet of Things, Fuzzy Mamdani, Kualitas Air, Monitoring

Dalam memudahkan pembudidaya bibit ikan hias dalam melakukan pemantauan terhadap tingkat kualitas air, maka dibangun sistem yang dapat digunakan untuk *monitoring* kualitas air pada kolam bibit ikan hias, dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan tingkat kekeruhan untuk mendeteksi tingkat kualitas air. Sistem ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk menentukan tingkat kualitas air. Apabila sistem mengidentifikasi kualitas air buruk maka penyaringan air otomatis akan dilakukan secara berkala, hingga kualitas air dinyatakan baik.

Hasil yang diperoleh dengan dilakukan beberapa uji coba kalibrasi sensor suhu dengan toleransi selisih 0.6 derajat celsius, sensor pH dengan toleransi selisih sebesar 0.07 – 0.13 dan sensor kekeruhan dengan toleransi selisih sebesar 1.53 – 1.74 NTU. Sedangkan dari 27 kali percobaan yang dilakukan sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 77%.

ABSTRACT

Putra, Erwin Kristian. 2020. **WATER QUALITY MONITORING SYSTEM IN ORNAMENTAL FISH SEEDS USING FUZZY MAMDANI METHOD BASED ON INTERNET of THINGS**. Thesis. Informatics Engineering Department of Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

Supervisor: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom (II) Dr. Muhammad. Faisal, M.T

Keyword : Internet of Things, Fuzzy Mamdani, Water Quality, Monitoring

In order to facilitate ornamental fish seed cultivators in monitoring the level of water quality, a system was built that can be used to monitor water quality in ornamental fish seed ponds, using temperature, pH, and turbidity sensors to detect water quality levels. This system uses the Fuzzy Mamdani method to determine the water quality level. If the system identifies poor water quality, automatic water filtering will be carried out periodically, until the water quality is declared good.

The results obtained by conducting several temperature sensor calibration trials with a different tolerance of 0.6 degrees Celsius, a pH sensor with a different tolerance of 0.07 - 0.13, and a turbidity sensor with a tolerance difference of 1.53 - 1.74 NTU. Meanwhile, from 27 experiments conducted, the system has an accuracy rate of 77%.

ملخص البحث

الابن، إروين كريستيان. 2020. نظام رصد نوعية المياه في شتلات السمك الزينة بيدودايا على أساس الإنترنت الأشياء. اطروحه. قسم MAMDANI باستخدام طريقة غامض هندسة المعلوماتية كلية العلوم والتكنولوجيا مولانا مالك إبراهيم جامعة مالانغ الإسلامية المشرف: (1) الأستاذ الدكتور سوارتونو، م. كوم (2) د. محمد. فيصل، م. ت.

الكلمات الرئيسية: إنترنت الأشياء، غامض ماداني، نوعية المياه، الرصد في تسهيل المزارعين شتلات أسماك الزينة في رصد مستوى جودة المياه، يمكن بناء نظام يمكن أن تستخدم لرصد نوعية المياه في أحواض شتلات أسماك الزينة، وذلك باستخدام أجهزة استشعار درجة الحرارة، ودرجة الحرارة، ومستويات التعكر للكشف عن مستويات لتحديد مستوى جودة المياه. "Fuzzy Mamdani" جودة المياه. ويستخدم النظام طريقة إذا كان النظام يحدد سوء نوعية المياه، سيتم إجراء تنقية المياه التلقائية بشكل دوري، حتى يتم الإعلان عن جودة المياه جيدة. تم الحصول على النتائج من خلال العديد من التجارب لمعايرة استشعار درجة الحرارة مع اختلاف التسامح من 0.6 درجة مئوية، ودرجة حتى مع التسامح مع الفرق بين 0.07 - 0.13 وأجهزة الاستشعار التعكر مع التسامح مع وفي الوقت نفسه، من 27 تجربة أجراها النظام لديه. NTU الفرق بين 1.53 - 1.74

معدل دقة 77٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mencatat kekayaan sumberdaya ikan Indonesia, setidaknya terdapat 4.720 jenis ikan air tawar maupun laut dan 650 jenis diantaranya diketahui sebagai ikan hias (KKP, 2019). Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) ikan hias merupakan komoditas yang masih menjadi primadona di pangsa pasar nasional maupun internasional hingga saat ini (Newswire, 2016). Dalam pengembangan usaha perikanan termasuk ikan hias, Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan penerapan CBIB (Cara Budidaya Ikan yang Baik) di mana mengatur cara pengelolaan budidaya ikan yang bertanggung jawab, ramah lingkungan, memperhatikan aspek social dan ekonomi, serta kesejahteraan hewan. Pada pembudidayaan bibit ikan hias, air merupakan media utama dalam proses pembudidayaan bibit ikan hias. Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) “air adalah cairan jernih tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, yang terdapat dan diperlukan dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan yang secara kimiawi mengandung hidrogen dan oksigen”.

Air merupakan senyawa penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di Bumi, rumus kimia air adalah H_2O yang setiap molekulnya mengandung satu oksigen dan dua atom hidrogen yang dihubungkan oleh ikatan kovalen (Susana, 2003). Oleh sebab itu tingkat kualitas air sangat penting untuk dijaga dan dilestarikan karena kualitas air yang baik dan sehat dapat memberikan efek yang baik pula bagi keberlangsungan hidup seluruh makhluk di bumi. Kualitas air yang tidak sehat dapat menyebabkan menurunnya kesehatan tubuh bagi manusia

dan mudahnya terserang penyakit, tidak hanya bagi manusia, menurunnya kualitas air bagi hewan pun juga menyebabkan dampak yang sama seperti pada manusia, yaitu menurunnya kesehatan tubuh, mudahnya terserang penyakit hingga menimbulkan kematian apabila dikonsumsi atau dijadikan media pada pembudidayaan ikan hias secara terus-menerus.

Oleh karena itu, kita sebagai manusia satu-satunya makhluk yang diberi akal oleh Allah SWT harus menjaga kelestarian bumi dengan segala macam isinya. Sebagaimana dalam Al-Quran Surah. Al-Araf Ayat 56 yang berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-Araf : 56).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 Ayat 1 berbunyi Kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika kimia, dan radioaktif. Lalu pada PP RI No 82 Tahun 2001 Pasal 8 Ayat 1 berbunyi Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, dilanjutkan ke Poin 2 (kedua) yang berbunyi air kelas dua yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Salah satu indikator mudah yang dapat dilihat pada kualitas air yang tidak baik untuk pembudidayaan bibit ikan hias adalah tingkat kekeruhan. Tingkat kekeruhan merupakan partikel yang tidak terlarut seperti pasir, lumpur, tanah, dan bahan kimia organik dan anorganik menjadi bentuk bahan tersuspensi di dalam air menyebabkan kekeruhan dalam air, sehingga mempengaruhi organisme baik di dalam dan dipermukaan air (Darmono, 2001). Selain tingkat kekeruhan, indikator suhu dan pH air juga menjadi indikator tingkat kualitas air pada pembudidayaan bibit ikan hias.

Sehingga dalam proses pembudidayaan bibit ikan hias perlu diperhatikan faktor kualitas airnya. Kualitas air adalah faktor penting, agar memperoleh hasil bibit ikan hias yang berkualitas pada saat panen dan distribusi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya antara lain adalah suhu, pH, dan tingkat kekeruhan, oleh karena itu perlu dilakukannya pemantauan terhadap kualitas air secara berkala setiap harinya. Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7550:2009 suhu normal pada pembudidayaan bibit ikan hias berkisar antara 25-32°C, untuk pH air berkisar antara 6,5 - 8,5. Apabila kualitas air kurang baik, keruh, atau tidak sehat akan menjadi faktor yang mempengaruhi kesehatan bibit ikan, sehingga menghambat pertumbuhan bibit ikan dan mudahnya terserang penyakit serta dapat berdampak pada kegagalan panen dan distribusi.

Kualitas air sangat berperan penting untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan hias dikarenakan bibit ikan hias sangat rentan dengan kondisi lingkungan yang kotor dan pembudidaya terkadang merasa sulit untuk menentukan kualitas air yang baik untuk budidaya bibit ikan hias khususnya bagi pembudidaya pemula. Maka untuk memudahkan pembudidaya bibit ikan hias dalam melakukan pemantauan terhadap tingkat kualitas air, maka peneliti membangun sistem yang dapat

digunakan untuk *monitoring* kualitas air pada kolam bibit ikan hias, dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan tingkat kekeruhan untuk mendeteksi tingkat kualitas air. Nantinya hasil dari deteksi sensor akan ditampilkan ke perangkat yang terhubung dengan internet, sehingga memudahkan dalam melakukan *monitoring* secara berkala setiap harinya. Dengan sistem ini diharapkan dapat memantau tingkat kualitas air serta untuk memaksimalkan hasil panen dan distribusi bibit ikan hias. Sistem ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk mengelola input dari sensor suhu, pH, dan tingkat kekeruhan untuk menentukan tingkat kualitas air. Apabila sistem mengidentifikasi kualitas air buruk maka penyaringan air otomatis akan dilakukan secara berkala, hingga kualitas air dinyatakan baik.

1.2 Identifikasi Masalah

Bagaimana membangun sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya bibit ikan hias menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berbasis *IoT(Internet of Things)* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Membuat sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya bibit ikan hias menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berbasis *IoT (Internet of Things)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan menghasilkan prototipe sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya bibit ikan hias berbasis *IoT (Internet of Things)* yang bermanfaat untuk membantu dalam *monitoring* tingkat kualitas air dan melakukan penyaringan otomatis terhadap kolam bibit apabila tingkat kualitas air berada pada tingkat buruk.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Data yang diambil merupakan data yang berasal dari:
 1. sensor Suhu DS18B20 dengan Akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dari suhu -10 sampai 85°C dan dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125°C
 2. Sensor pH SEN0161-V2 dengan tingkat akurasi pengukuran : ± 0.1 (pada suhu pengujian 25°C) serta range deteksi pH antara $0 \sim 14$
 3. Sensor Turbiditas SKU SEN0189 yang bekerja pada arus : 40mA (maksimal), Suhu Operasional : $5^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ dan Tegangan analog : $0-4.5\text{V}$
- b. Metode yang digunakan adalah metode *Fuzzy Mamdani*.



BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Ayu Samura, dkk. Melakukan penelitian dengan judul Sistem Kontrol dan *Monitoring* Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode *Fuzzy Logic Control* Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO. Peneliti menggunakan parameter suhu, salinitas, dan kekeruhan air sebagai input dalam melakukan kontrol dan *monitoring* kualitas air tambak. Dalam proses pengambilan dan menampilkan data sensor peneliti mengimplementasikan LabVIEW sebagai tempat untuk membuat program pada sistem, dengan *graphical programming* sebagai basis program pada LabVIEW. Maka hasil penelitian yang didapatkan setelah melakukan penelitian adalah sistem mampu melakukan *monitoring* terhadap suhu, salinitas dan kekeruhan dengan rata-rata waktu stabil 241.67 detik. Untuk penentuan kualitas air tambak menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* dengan tiga *membership* dan lima *membership* yang dibandingkan dengan perhitungan manual memperoleh hasil *fuzzy* dengan lima *membership* jauh lebih akurat dengan perbedaan 0.51, sedangkan *fuzzy* tiga *membership* menghasilkan perbedaan 3.22. Fungsi pengontrolan kualitas air tambak dengan mengontrol putaran pada pompa air (PWM) menghasilkan tingkat kesesuaian yang baik. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat akurasi yang didapatkan oleh sistem *fuzzy* tiga *membership* dan lima *membership* dibandingkan dengan perhitungan manual maka didapatkan hasil bahwa tingkat akurasi *fuzzy* lima *membership* lebih tinggi dibandingkan dengan *fuzzy* tiga *membership* (Samura, dkk. 2018).

Penelitian dengan judul “Implementasi Metode *Fuzzy* Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan” yang dilakukan oleh Muhammad Cholilulloh, dkk. Di mana sistem tersebut mampu mengontrol suhu dan kekeruhan air terhadap kualitas air pada kolam ikan lele dengan menggunakan perhitungan *Fuzzy* untuk mengaktifkan pompa sebagai penguras air dan penambah air dengan berbasis android. Sehingga pengendalian tingkat suhu dan kekeruhan pada air dapat dikontrol dengan baik. Pada perancangan perangkat keras yang di gunakan untuk merancang sistem, serta yang mendukung mikrokontroler Arduino UNO adalah metode *fuzzy sugeno* sebagai penerapan nya. Sedangkan pada perancangan perangkat lunak pada perancangan sistem ini berupa *source code*, program yang dibuat di dalam software mikrokontroler bernama Arduino IDE. Metode *Fuzzy sugeno* juga berfungsi untuk pengambilan keputusan dalam mengukur kualitas air pada kolam bibit lele berdasarkan parameter sensor suhu dan sensor keruh sebagai input. Untuk output dari penelitian ini adalah kontrol pompa yang berfungsi untuk mengganti atau mengisi air kolam. Air kolam akan diganti apabila sudah melewati batas range kekeruhan dan diisi apabila melebihi range suhu dingin ataupun panas yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian sistem ini dapat membaca nilai suhu dengan hasil rata-rata 2,39 % dan nilai kekeruhan dapat mengukur tingkat kepekatan air, serta dapat mengontrol kualitas air dengan baik (Cholilulloh, DKK 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Adhitya Bhawiguya dan Widhi Yahya dalam membuat “Sistem *Monitoring* Kualitas Air Kolam Budidaya menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel berbasis Protokol *LoRa*”. Penelitian ini menggunakan jaringan sensor nirkabel sebagai pemantauan kualitas kolam budidaya. Sistem

tersebut terdiri atas tiga bagian, yaitu: kumpulan perangkat node sensor, perangkat *gateway* dan data center. Secara periodik perangkat node sensor mengukur parameter fisik air menggunakan sensor, setiap node sensor tersendiri terdiri dari tiga komponen utama yaitu mikroprosesor, sensor dan modul komunikasi. Selanjutnya node sensor mengirimkan hasil pengamatan kualitas air ke perangkat *gateway*, kemudian perangkat *gateway* mengirimkan data tersebut ke data center untuk kemudian disimpan dan diolah. Penelitian ini juga menggunakan protokol LoRa sebagai modul komunikasi yang mampu mendukung komunikasi jarak jauh dengan daya rendah, hal ini dilakukan karena nantinya node sensor akan ditempatkan pada kolam budidaya, sehingga node tersebut harus mampu bekerja dengan menggunakan catu daya mandiri yang berasal dari baterai sel Surya. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan pada kondisi air seperti, tingkat kejernihan, pH, O₂ terlarut dan temperatur. Namun pada protokol LoRa memiliki batasan untuk paket (*header* dan *Payload*) yang dikirimkan tidak melebihi 255 Bytes. Sehingga akan terjadi *delay* yang memiliki dampak pada besarnya pengaruh terhadap *packet loss*, hal itu terjadi karena factor jarak dan besar paket yang akan dikirim. Sedangkan pada pengujian kinerja diperoleh hasil terbaik pada jarak 40 meter dengan besar paket 82 byte yang memberikan nilai hasil pengujian sebesar 189,4ms untuk delay dan 7,8% packet loss (Adhitya Bhawiguya dan Widhi Yahya 2019).

Dynar A. Wibisono, DKK, melakukan penelitian mengenai “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Kualitas Air pada Tambak Udang berbasis *Internet of Things*”. Penelitian mereka menggunakan 3 sensor, yaitu sensor salinity, sensor suhu dan

sensor pH. Selanjutnya Data sensor diolah oleh *micro controller* Arduino Nano dan Wemos D1 mini board berbasis *Wi-Fi* dari keluarga ESP8266 mengirimkan data pada *firebase real-time* database, lalu pengguna akan memantau nilai kandungan garam, besar suhu dan kandungan pH pada *web*. Pengujian dilakukan dengan melakukan validasi dan pembacaan sensor serta pengiriman dan perekaman data pada *web* dan mengendalikan aktuator untuk menjaga kualitas air. Sistem mampu menaikkan suhu sebesar 1°C dengan waktu 1.25 menit dengan nilai *error* $\pm 1^{\circ}\text{C}$, sistem mampu menaikkan kandungan salinitas sebesar 2 ppt dalam waktu 2 menit dengan nilai *error* sebesar ± 1 ppt, pengendalian pH pun dapat dilakukan dengan menaikkan nilai pH sebesar 1 yang memiliki *error* ± 0.7 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa data sensor dapat terkirim secara *real-time* pada website dengan kecepatan sebesar 484.75 ms menggunakan jaringan HSDPA dan 75 ms menggunakan jaringan LTE.

2.2 IoT (*Internet of Things*)

Para peneliti di Universitas California (UCLA), Los Angeles membentuk suatu proyek pada Oktober 1969 yang dinamai Login. Kesuksesan proyek Login menjadi awal pembentukan sejarah *Advance Research Project Agency Network* (ARPANET) yang dibuat oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat (Fauziyyah, 2020, <https://tekno.foresteract.com/internet/>). Peristiwa tersebut merupakan awal mula berkembangnya internet, hingga saat ini telah banyak kegiatan yang dilakukan / dikerjakan dengan menggunakan internet, hal itu tidak luput dari campur tangan manusia untuk terus mengembangkan teknologi internet. Salah satu perkembangan teknologi internet yang terus dikembangkan oleh manusia adalah *IoT (Internet of Things)*, beberapa tokoh yang berperan dalam

perkembangan *Internet of Things* diantaranya ada, perusahaan LG pada tahun 2000 yang mengumumkan rencananya menciptakan kulkas pintar yang akan menentukan sendiri apakah bisa atau tidak makanan yang tersimpan di dalamnya diisi ulang, lalu pada tahun 2008 FCC menyetujui penggunaan “white space spectrum”. Akhirnya peluncuran IPv6 di tahun 2011 memicu pertumbuhan besar di bidang *Internet of Things*, perkembangan ini didukung oleh perusahaan besar seperti Cisco, IBM, Ericson mengambil inisiatif banyak dari pendidikan dan komersial dengan *IOT* teknologi dapat hanya dijelaskan sebagai hubungan antara manusia dan komputer (Julia, 2020, <https://tekno.foresteract.com/iot-internet-of-things/>).

Menurut Sugiono (2017:41-48) dalam penelitiannya menyatakan “*Internet of Things* merupakan sebuah konsep yang memiliki tujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus, berikut beberapa contoh seperti remote kontrol, berbagi data, dan sebagainya. Bahan pangan, elektronik, peralatan apa saja, koleksi, termasuk benda hidup, yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor tertanam dan selalu *ON*”.

IoT (Internet of Thing) didefinisikan sebagai kemampuan berbagai *device* yang bisa saling terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. *IoT* merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet. Sehingga dapat dikatakan bahwa *Internet of Things (IoT)* adalah proses ketika kita menyambungkan sesuatu (*things*) yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet (Hardyanto, 2017).

2.3 Indeks Kualitas Air

Dalam upaya melakukan pengendalian pencemaran air, pemerintah membuat suatu standar untuk mengklasifikasikan tingkat kualitas air yang disebut Indeks Kualitas Air (IKA). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, menyatakan indeks kualitas air diklasifikasikan menjadi 4 kelas, pembagian kelas indeks kualitas air tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan tingkat kualitas air berdasarkan tiga parameter. Parameter pada Indeks Kualitas Air meliputi:

- a. Parameter Fisika
- b. Parameter Kimia
- c. Parameter Biologi

Tabel 2.1 Indeks Kualitas Air

| Kelas | Keterangan | Skor |
|-------|----------------------------------|-------------|
| A | Baik sekali / Memenuhi baku mutu | 0 sampai 1 |
| B | Baik / Tercemar ringan | 1 sampai 5 |
| C | Sedang / Tercemar ringan | 5 sampai 10 |
| D | Buruk / Tercemar berat | 10 |

Selain itu indeks kualitas air juga harus memenuhi syarat pembudidayaan seperti yang tercantum pada KEPMEN-KP/2013 NOMOR 52A tentang persyaratan jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan pada proses produksi, pengolahan dan distribusi. Pada bab II unit budidaya ikan menyatakan persyaratan keamanan pangan mengenai air sumber (Menteri KP, 2013).

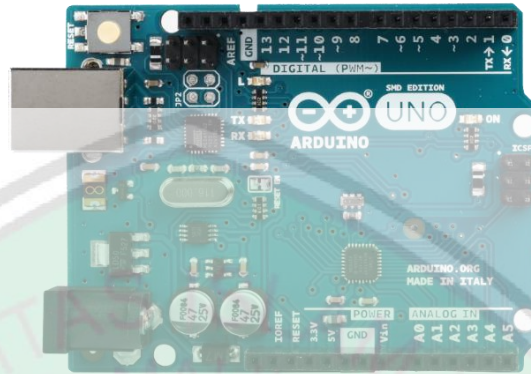
- 1) kualitas air mampu mendukung produksi ikan yang aman dikonsumsi manusia;
- 2) penggunaan air yang mengandung limbah sangat tidak diperbolehkan, bila air sumber terbatas maka penggunaan air sumber yang mengandung limbah harus memenuhi persyaratan WHO untuk penggunaan air limbah; dan
- 3) terhindar dari pencemaran yang menyebabkan terkontaminasinya keamanan pangan termasuk dari limbah hewan dan aktivitas manusia.

2.4 Arduino

Konsep Arduino dari perangkat keras open source dikembangkan oleh tim visioner Arduino dari Massimo Banzi, David Cuartilles, Tom Igoe, Gianluca Martino, dan David Mellis di Ivrea, Italia. Tujuan tim ini adalah untuk mengembangkan rangkaian mikrokontroler yang mudah digunakan perangkat keras dan perangkat lunak sedemikian rupa sehingga daya pemrosesan akan tersedia untuk semua orang. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno Memiliki 14 pin input dari output digital di mana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver

USB-to-serial (<https://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>).



Gambar 2.1 Arduino Uno

Menurut Agung P dalam situs nya <https://serviceacjogja.pro/pengertian-arduino/> penggunaan Arduino UNO pada penelitian ini dikarenakan beberapa kelebihan, dibandingkan mikrokontroler lainnya. Kelebihan Arduino UNO diantaranya:

1. Harga yang Terjangkau

Papan Arduino (hardware) dijual dengan harga yang terjangkau, bila dibandingkan nya dengan platform mikrokontroler lainnya.

2. Lintas Platform

Arduino IDE dapat berjalan di beberapa OS yaitu: Windows, Macintosh OSX, dan sistem operasi Linux.

3. Bahasa Pemrograman Mudah dan Sederhana

Arduino IDE memiliki Bahasa yang sederhana dan mudah dibuktikan dengan banyaknya dosen yang mengajar mahasiswa dan mahasiswi

menggunakan media Arduino. Terbukti, Arduino sangat membantu terhadap pemula yang baru belajar.

4. *Open Source*

Arduino yang merupakan kategori *software open source* ini berarti pengguna dapat memperluas penggunaan Arduino IDE dengan mempublikasikan untuk siapa saja.

2.5 Sensor

Pada penelitian ini sensor-sensor yang digunakan sebagai input parameter adalah sensor suhu DS18B20, sensor pH SEN0161-V2 dan sensor turbiditas SKU SEN0189.

2.5.1 Sensor Suhu DS18B20



Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20

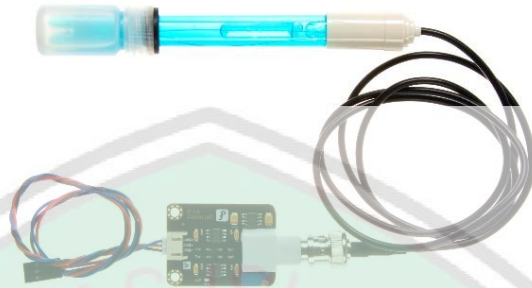
Sensor suhu DS18B20 merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan lalu kemudian mengkonversinya menjadi besaran listrik. Sensor ini merupakan sensor digital menggunakan 1 wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Keunikan dari sensor ini adalah tiap

sensor memiliki kode serial yang memungkinkan untuk penggunaan DS18B20 lebih dari satu dalam satu komunikasi 1 wire. DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang dikeluarkan oleh Dallas Semiconductor. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol 1 wire communication. Selain itu kelebihan sensor suhu DS18B20 adalah ketahanan nya terhadap air atau *waterproof* sehingga cocok digunakan untuk mengukur suhu pada air (Yoga, 2016).

Tegangan sumber untuk sensor suhu DS18B20 adalah sekitar 3V sampai 5.5V. Pada umumnya Vs diberikan tegangan +5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroler. DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari Vs, Ground dan Data Input/Output. Kaki Vs merupakan kaki tegangan sumber. Kemudian kaki ground disambungkan dengan ground rangkaian. Untuk spesifikasi sensor DS18B20 dapat dilihat sebagai berikut:

1. Unik 1-Wire interface hanya memerlukan satu pin port untuk komunikasi secara 1- Wire.
2. Setiap perangkat memiliki kode serial 64- bit yang disimpan dalam sebuah ROM onboard.
3. Tidak memerlukan komponen tambahan.
4. Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5,5V.
5. Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125 °C.
6. Akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ akurasi dari suhu -10 sampai 85 °C.
7. Resolusi dapat dipilih oleh pengguna antara 9 sampai 12 bit.
8. Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms.

2.5.2 Sensor pH SEN0161-V2



Gambar 2.3 Sensor pH SEN0161-V2

Sensor module ini berfungsi untuk mendeteksi tingkat pH air yang di mana output nya berupa tegangan analog. Sehingga untuk mengkonversi nilai pembacaan harus dimasukan ke dalam rumus di kode program yang dibuat. Dikarenakan module pH meter sensor ini memiliki input power supply 3.3 – 5.5Vdc dan range output tegangan analog nya dari 0 – 3Vdc dengan. Sensor ini difungsikan ke dalam berbagai aplikasi seperti *aquaponics*, pengujian air lingkungan, hidroponik dan lain-lain (Agus, 2019, <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-module-ph-meter-sensor-menggunakan-arduino/>).

Spesifikasi dari sensor ini dapat dilihat dibawah ini :

pH signal Conversion Board V2

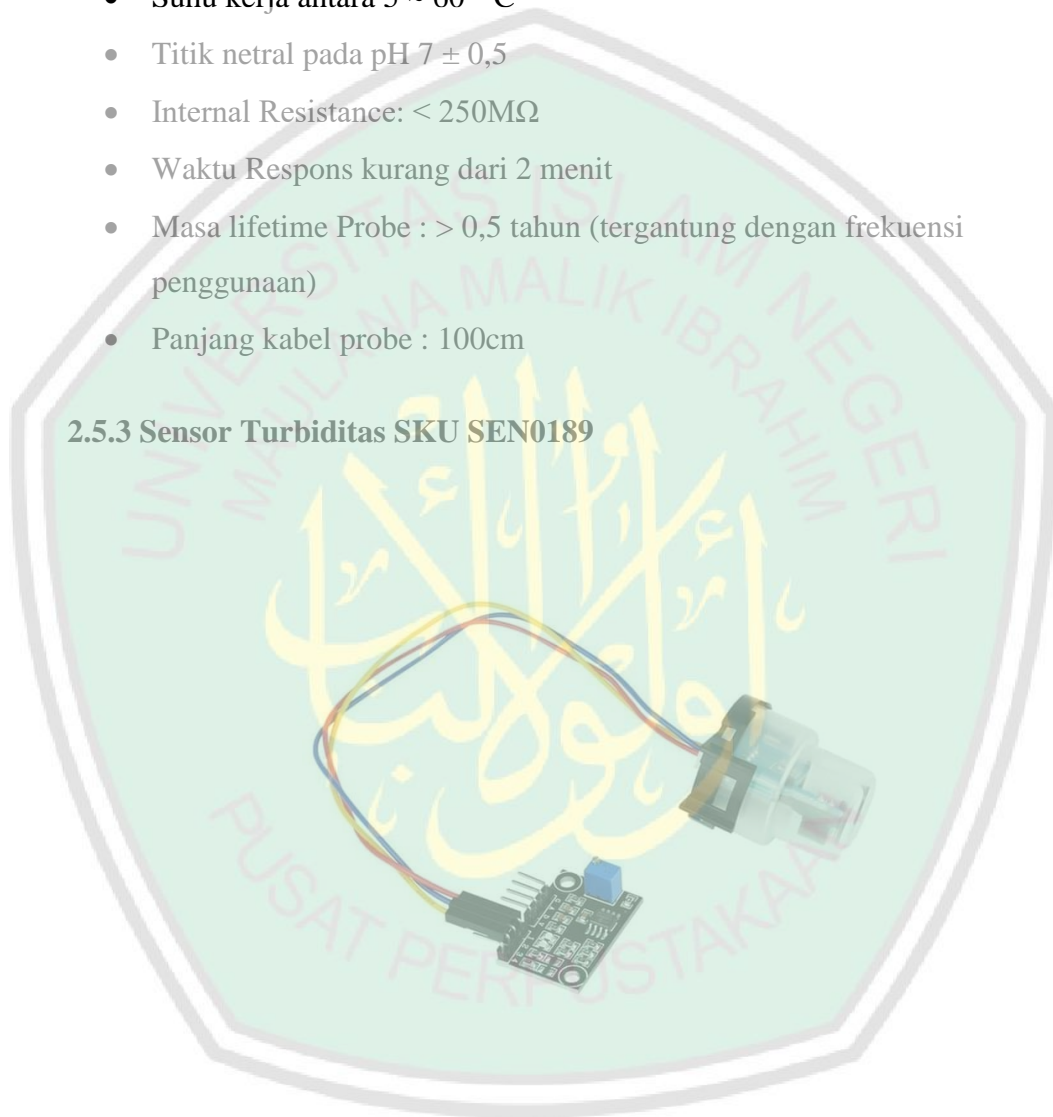
- Tegangan kerja antara 3.3 ~ 5.5V
- Output tegangan analog : 0 ~ 3.0V
- Jenis konektor probe yang digunakan tipe “BNC”
- Tingkat akurasi pengukuran : ± 0.1 (pada suhu pengujian 25°C)

- Signal Connector : PH2.0-3P
- Dimensi board : 42mm x 32mm

Probe pH

- Range deteksi pH : 0 ~ 14
- Suhu kerja antara 5 ~ 60 ° C
- Titik netral pada pH $7 \pm 0,5$
- Internal Resistance: $< 250M\Omega$
- Waktu Respons kurang dari 2 menit
- Masa lifetime Probe : $> 0,5$ tahun (tergantung dengan frekuensi penggunaan)
- Panjang kabel probe : 100cm

2.5.3 Sensor Turbiditas SKU SEN0189



Gambar 2.4 Sensor Turbiditas SKU SEN0189

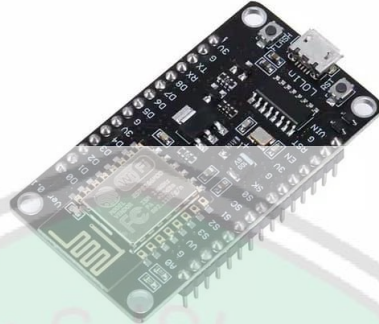
Sensor ini merupakan alat untuk mendeteksi kekeruhan air dengan membaca sifat optik air akibat disperse sinar dan bisa dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi adalah fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi

lainnya konstan. Kekeruhan adalah suatu keadaan mendung atau kekaburan dari cairan yang disebabkan oleh partikel individu (*suspended solids*) yang umumnya tidak terlihat oleh mata telanjang, mirip dengan asap di udara. Semakin banyak partikel dalam air menunjukkan tingkat kekeruhan air juga tinggi. Pada sensor turbidity, bahwa semakin tinggi tingkat kekeruhan air akan diikuti oleh perubahan dari tegangan output sensor (Robinson, 2017).

Spesifikasi Sensor Turbiditas SKU SEN0189 dapat dilihat bawah ini:

- Tegangan kerja : 5Vdc
- Arus Kerja : 40mA (maksimal)
- Waktu Respons : <500ms
- Resistensi isolasi : 100 m (min)
- Suhu Operasional : 5 °C ~ 90 °C
- Metode Output : Analog dan Digital
- Tegangan analog : 0-4.5V
- Output Digital : High / Low (dapat disesuaikan nilai ambang batas dengan menyesuaikan potentiometer)
- Berat modul keseluruhan : 30g
- Dimensi Adaptor : 38 * 28 * 10 mm

2.6 NodeMCU ESP8266



Gambar 2.5 NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah *platform* IoT yang bersifat *open source*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* (SoC) ESP8266-12 buatan Ekspresif System, juga firmware yang digunakan yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. . NodeMCU telah menggabungkan ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fungsi layaknya mikrokontroler ditambah juga dengan kemampuan akses terhadap *Wi-Fi* juga chip komunikasi USB to Serial sehingga untuk memprogram nya hanya diperlukan ekstensi kabel data mikro USB. Istilah NodeMCU sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai *board* Arduino-nya ESP8266 Secara umum ada tiga produsen NodeMCU yang produknya kini beredar di pasaran: Amica, DOIT, dan Lolin/WeMos. Dengan beberapa varian board yang diproduksi yakni V1, V2 dan V3 (Arifaldi, 2019).

Dibawah ini adalah spesifikasi dari NodeMCU ESP8266:

Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP8266

| SPEKIFIKASI | NODEMCU ESP8266 |
|-------------------------|------------------------|
| Mikrokontroler | ESP8266 |
| Ukuran Board | 57mmx 30mm |
| Tegangan Input | 3.3 – 5V |
| GPIO | 13 PIN |
| Kanal PWM | 10 Kanal |
| 10 bit ADC Pin | 1 Pin |
| Flash Memory | 4MB |
| Clock Speed | 40/26/24 MHz |
| WiFi | IEEE 802.11 b/g/n |
| Frekuensi | 2.4GHz – 22.5GHz |
| USB Port | Micro USB |
| Card Reader | Tidak ada |
| USB to Serial Converter | CH340G |

2.7 Logika *Fuzzy*

Didalam bahasa Inggris, *fuzzy* mempunyai arti tidak jelas atau kabur. Jadi, logika *fuzzy* adalah logika mengandung unsur ketidakpastian atau kabur. Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkeley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkan lah logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia.

Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu), berbeda dengan logika digital atau diskrit yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran nilai

yang diekspresikan dengan menggunakan bahasa (linguistik). Misalnya, besaran suhu di suatu daerah yang diekspresikan dengan dingin, sangat dingin, hangat, panas, dan sangat panas (Budiharto dan Suhartono, 2014).

2.7.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan tegas (*crisp*) A didefinisikan oleh item-item yang ada pada himpunan itu. Jika $a \in A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 1. namun jika $a \notin A$, maka nilai yang berhubungan dengan a adalah 0. notasi $A = \{x|P(x)\}$ menunjukkan bahwa A berisi item x dengan $P(x)$ benar. Jika XA merupakan fungsi karakteristik A dan properti P , maka dapat dikatakan bahwa $P(x)$ benar, jika dan hanya jika $XA(x)=1$ (Kusumadewi, 2003).

Himpunan *Fuzzy* juga didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu (Kusumadewi, 2003):

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Selain itu Ada beberapa hal yang harus diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *Fuzzy* Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *Fuzzy* Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel.
3. Semesta Pembicaraan Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.
4. Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negative.

2.7.2 Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode *Fuzzy Mamdani* merupakan salah satu metode penalaran dari logika *fuzzy* yang sering digunakan pada beberapa penelitian. Metode *Mamdani* sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Untuk mendapatkan output, diperlukan empat tahapan, yaitu (Kusumadewi, 2002):

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Fuzzification merupakan langkah awal yang bertugas untuk mengambil nilai input berupa nilai *crisp* dan menentukan derajat dari input sehingga input dapat dikelompokkan pada himpunan *fuzzy* yang tepat. *Fuzzification* merupakan proses membuat bilangan *crisp* memiliki nilai *fuzzy*. Pada tahap pertama ini, nilai input yang berupa nilai *crisp* akan dikonversikan menjadi nilai *fuzzy*, sehingga dapat dikelompokkan pada himpunan *fuzzy* tertentu.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Langkah selanjutnya untuk mendapatkan output adalah mengambil nilai input yang telah melewati proses fuzzifikasi dan menerapkannya pada *antecedents* pada aturan-aturan *fuzzy* lalu diimplikasikan. Fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komponen Aturan

Setelah diperoleh hasil dari fungsi implikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan komposisi tiap-tiap aturan dan metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu Metode MAX (maximum).

4. Penegasan (*defuzzikasi*)

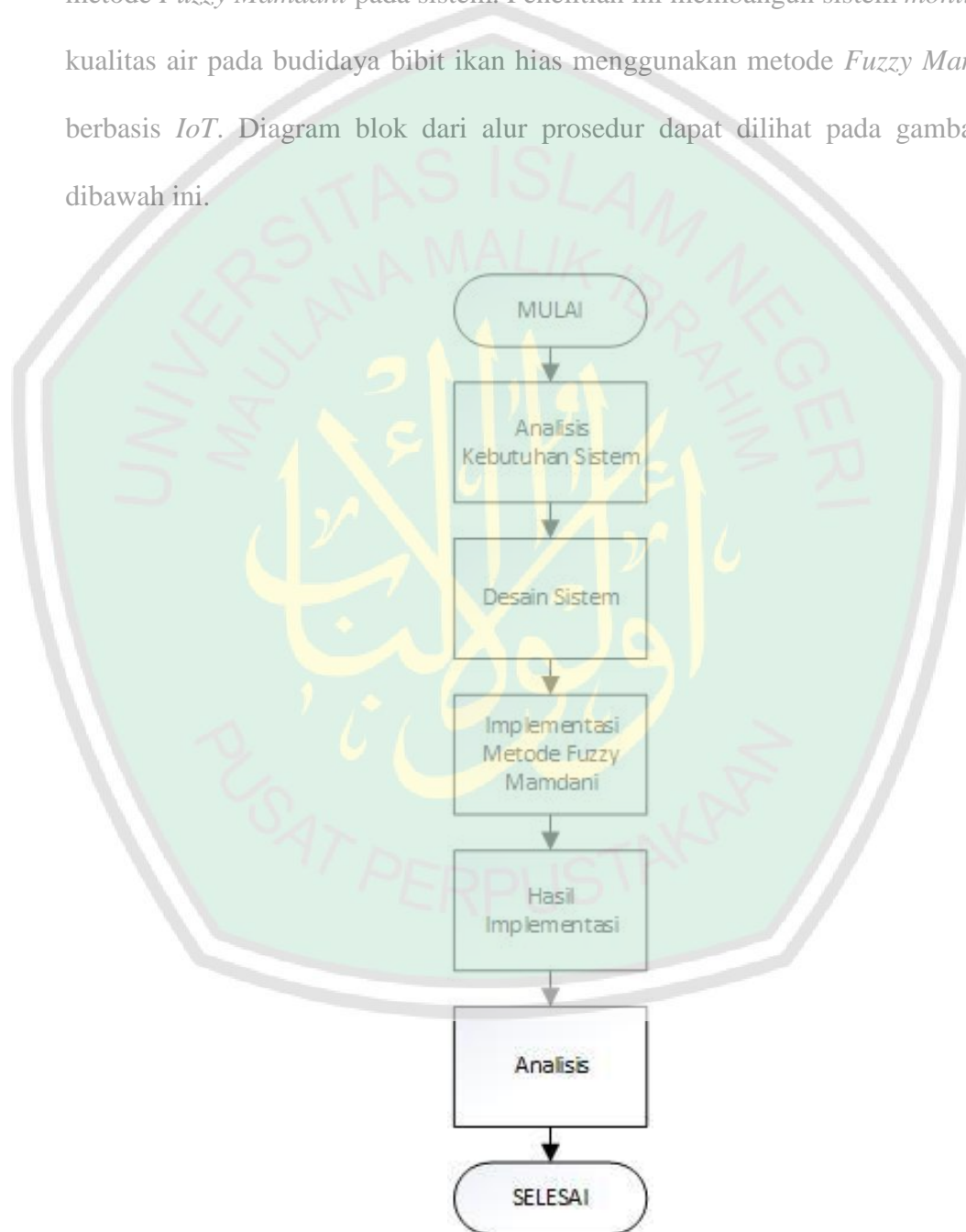
Input dari proses *defuzzikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Salah satu metode dari *defuzzifikasi* adalah metode *centroid*.

Metode *centroid* dapat disebut *Center of Area (Center of Gravity)* adalah metode yang paling lazim dan paling banyak diusulkan oleh banyak peneliti untuk digunakan.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini akan menjelaskan metodologi penelitian yang akan dilaksanakan, meliputi analisis kebutuhan, desain sistem, prinsip kerja sistem dan implementasi metode *Fuzzy Mamdani* pada sistem. Penelitian ini membangun sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya bibit ikan hias menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berbasis *IoT*. Diagram blok dari alur prosedur dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk menjelaskan perlengkapan yang dibutuhkan peneliti dalam membangun sistem, baik itu kebutuhan perangkat keras ataupun kebutuhan perangkat lunak.

3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Beberapa komponen atau perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop/PC
2. *Smartphone* Android
3. Mikrokontroler Arduino UNO
4. Modul *Wi-Fi* NodeMCU
5. Sensor Suhu DS18B20
6. Sensor pH SEN0161-V2
7. Sensor Turbiditas SKU SEN0189
8. Relay
9. Pompa air

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini adalah:

1. Arduino IDE
2. Platform IOT

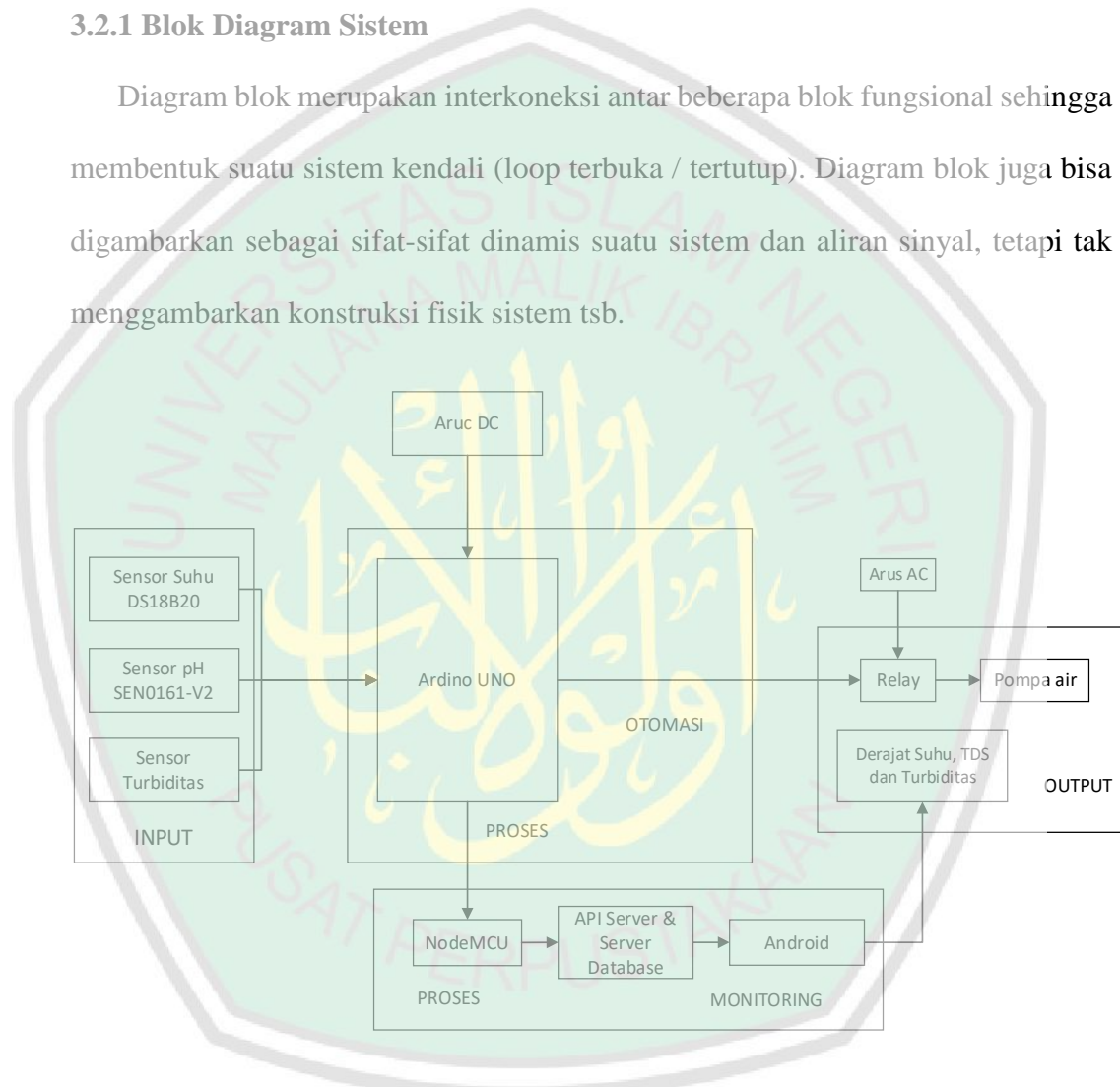
3.2 Desain Sistem

Penelitian ini membangun suatu sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya bibit ikan hias. Sistem ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dalam menentukan kualitas air, dengan input yang diperoleh dari sensor suhu, turbiditas dan pH. Data selanjutnya diolah di dalam Arduino kemudian menentukan output

nya yaitu tingkat kualitas air dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Data tersebut kemudian dikirim ke API Server dan server database, ditampilkan di *Smartphone* android. Untuk API server dan server database pada sistem ini menggunakan firebase dikarenakan lebih mudah.

3.2.1 Blok Diagram Sistem

Diagram blok merupakan interkoneksi antar beberapa blok fungsional sehingga membentuk suatu sistem kendali (loop terbuka / tertutup). Diagram blok juga bisa digambarkan sebagai sifat-sifat dinamis suatu sistem dan aliran sinyal, tetapi tak menggambarkan konstruksi fisik sistem tsb.



Gambar 3.2 Diagram Blok

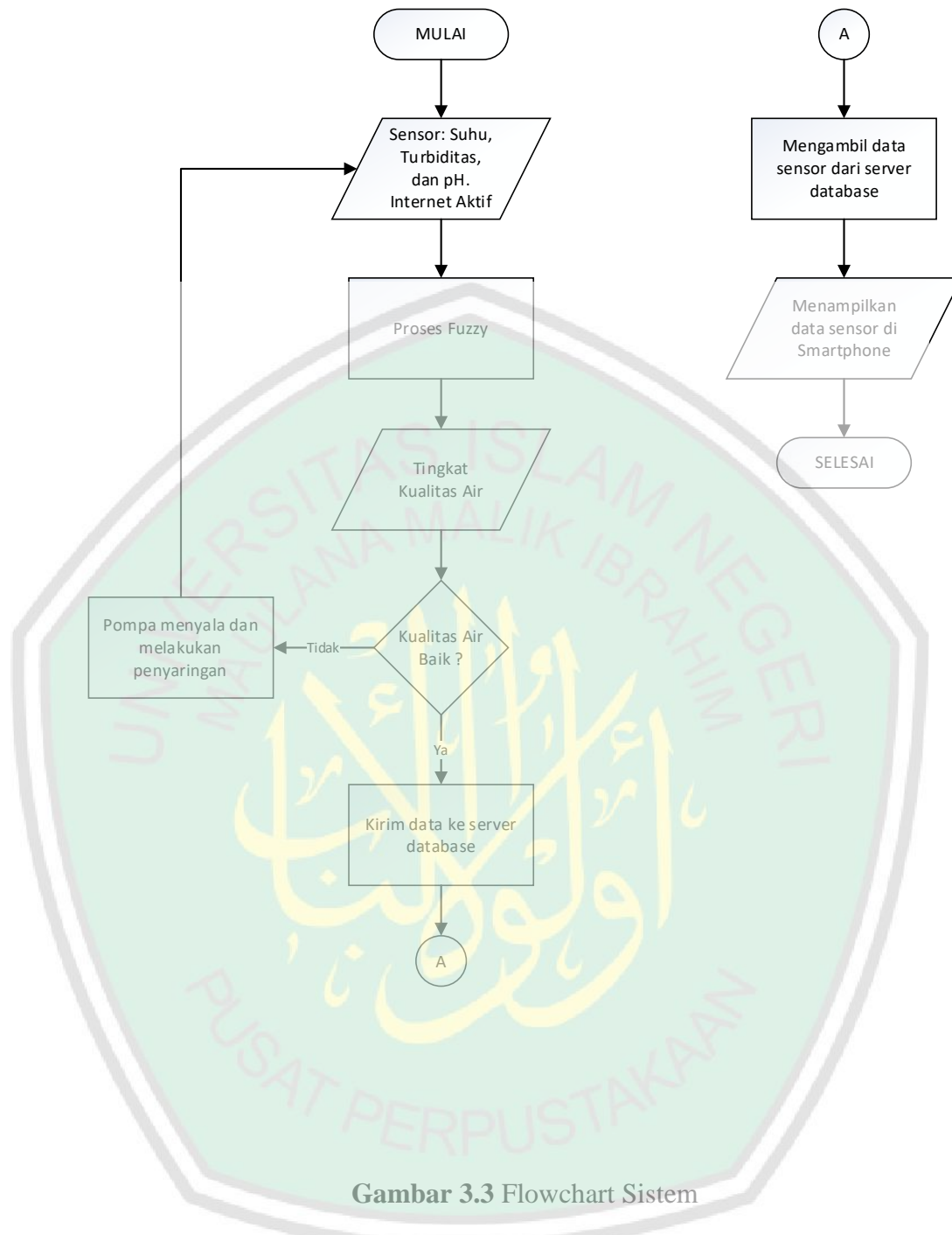
Gambar 3.1 diatas dapat dilihat bahwa sensor suhu DS18B20, sensor turbiditas sensor pH sebagai input dari sistem. Data input ini akan diolah oleh Arduino untuk menentukan kualitas air dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Data input tersebut juga dikirim ke API Server dan server database menggunakan modul Wi-

Fi NodeMCU. Lalu *Smartphone* android digunakan menampilkan *monitoring* suhu dan jumlah asap dengan mengambil data dari API Server dan server databases. Untuk proses menyala nya pompa air, output yang telah diperoleh dari proses di Arduino dikirimkan ke relay. Relay pada sistem berfungsi untuk membuka arus listrik yang digunakan untuk menyalakan pompa sehingga pompa air bisa menyala dan melakukan penyaringan air secara otomatis.

3.2.2 Flowchart Sistem

Flowchart suatu bagan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program.



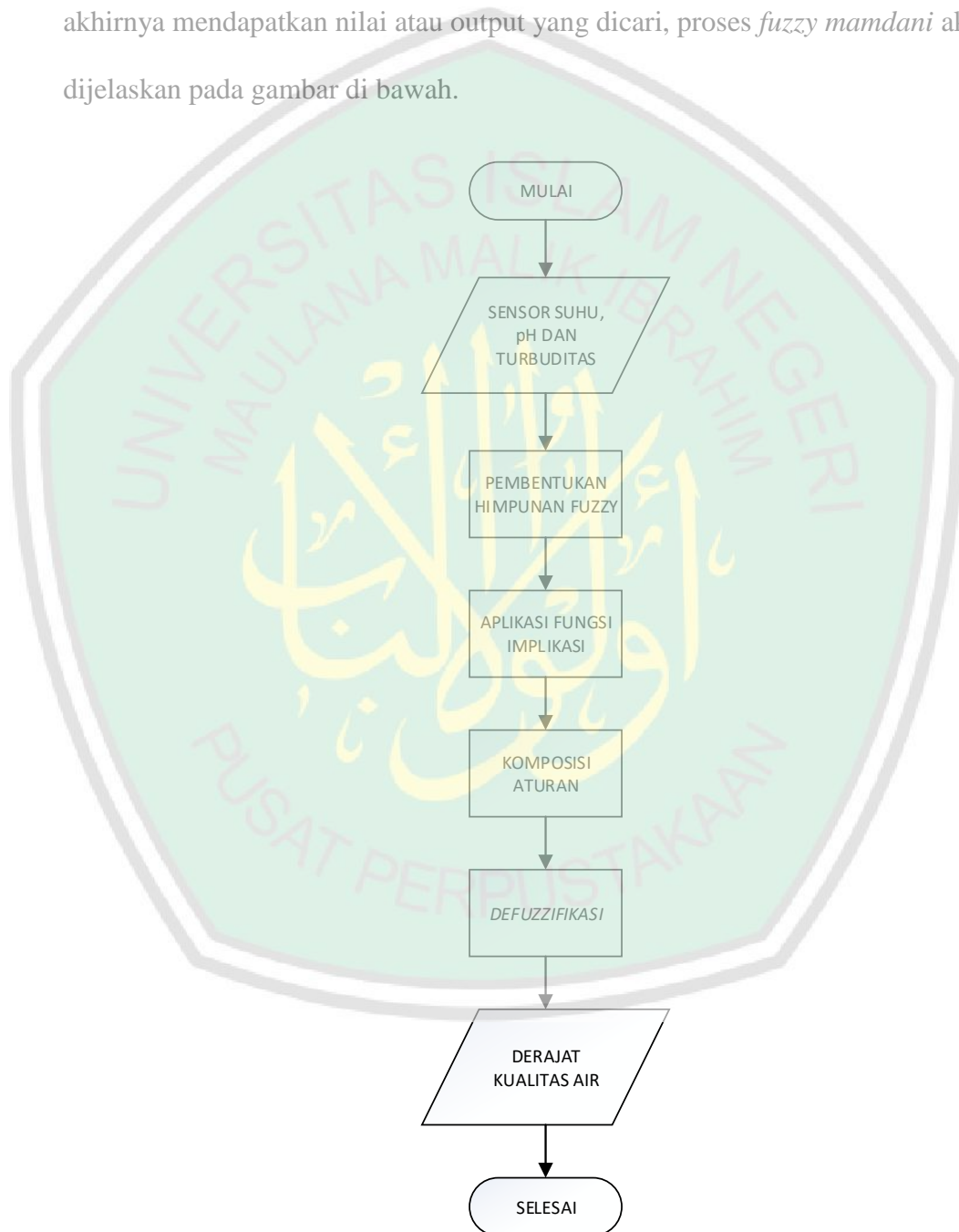


Gambar diatas merupakan *flowchart* dari sistem *monitoring* kualitas air yang akan dibuat pada penelitian ini. Sebagai input dari sistem adalah suhu, tingkat kekeruhan dan jumlah zat terlarut menggunakan sensor DS18B20, sensor Turbiditas SKU SEN0189 dan Sensor pH SEN0161-V2. Setelah data didapatkan,

data diproses menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Pada proses *Fuzzy Mamdani*, *output* yang akan didapatkan adalah tingkat kualitas air.

3.2.3 Flowchart Proses *Fuzzy Mamdani*

Proses *fuzzy mamdani* memiliki beberapa tahap yang harus dilakukan belum akhirnya mendapatkan nilai atau *output* yang dicari, proses *fuzzy mamdani* akan dijelaskan pada gambar di bawah.



Gambar 3.4 Flowchart Proses Fuzzy Mamdani

Proses *fuzzy* pada gambar 3.4 diatas terjadi di mikrokontroler Arduino sebagai pengendali sistem. Tahap pertama merupakan proses pembentukan himpunan *fuzzy* dari ketiga input yaitu suhu, pH dan Kekeruhan. Kemudian proses selanjutnya adalah aplikasi fungsi implikasi dari aturan-aturan yang dibuat, dengan menggunakan metode min. Kemudian setelah proses fungsi implikasi, dilakukan komposisi aturan *fuzzy* dengan menggunakan metode max. Setelah proses komposisi aturan selesai dilakukan proses *defuzzifikasi* dengan menggunakan metode centroid.

3.3 Implementasi Metode *Fuzzy Mamdani*

Implementasi Metode *Fuzzy Mamdani* akan diterapkan pada Arduino uno dalam proses penentuan tingkat kualitas air.

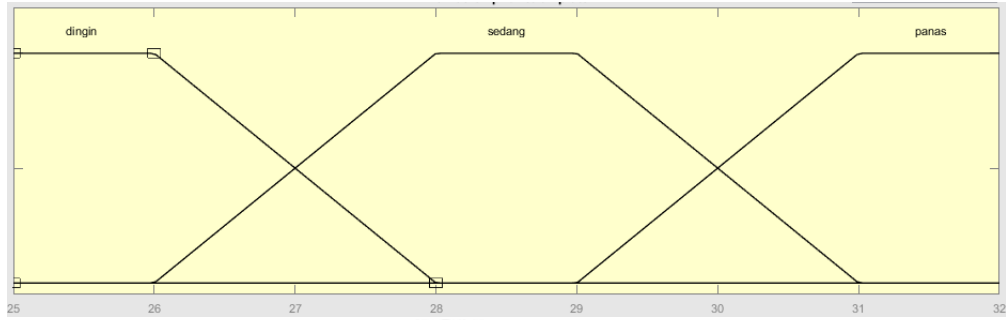
3.3.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Tahap awal dari prosedur metode *Fuzzy Mamdani* adalah pembentukan himpunan *fuzzy* atau istilah lainnya *fuzzifikasi*. *Fuzzifikasi* adalah proses yang dilakukan dengan mentransformasikan input himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy*. Sebagai contoh, pada sistem ini terdapat input sebagai berikut:

1. Suhu : 30 °C
2. pH : 7
3. Tingkat kekeruhan : 6 NTU

1. Variabel *Fuzzy* Derajat Suhu

Variabel kondisi suhu air dibagi menjadi 3 bagian, yaitu : Dingin (25-28°C), Sedang (26-31°C), Panas (29-32°C).



Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Suhu

Fungsi Keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{suhuDingin}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 29 \\ \frac{31-x}{31-29}; & 25 \leq x \leq 28 \\ 0; & x \geq 31 \end{cases}$$

$$\mu_{suhuSedang}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 29 \\ \frac{x-29}{31-29}; & 27 \leq x \leq 30 \\ 0; & x \geq 31 \end{cases}$$

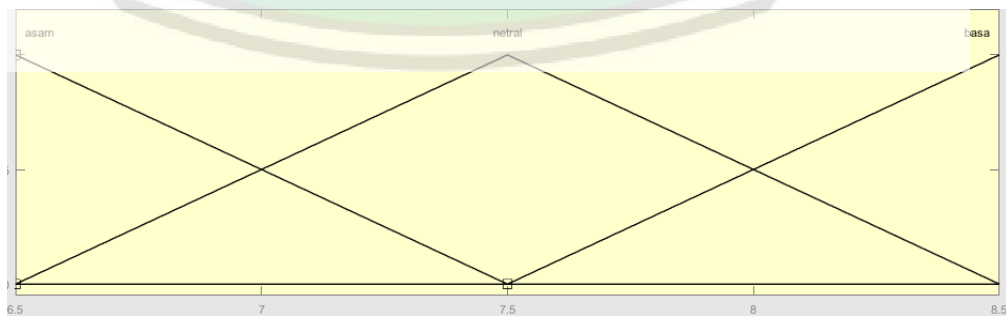
Dengan input suhu sebesar 30 °C yang telah diketahui sebelumnya, maka nilai keanggotaannya adalah :

$$\mu_{suhuDingin}(x) = \frac{31-30}{31-29} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\mu_{suhuSedang}(x) = \frac{30-29}{31-29} = \frac{1}{2} = 0,5$$

2. Variabel Fuzzy Nilai pH

Variabel nilai pH pada air dibagi menjadi 3 bagian, yaitu : Asam (6,5 – 7,5), Netral (6,5 – 8,5), Basa (7,5 – 8,5).



Gambar 3.6 Derajat Keanggotaan pH

Fungsi Keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{pHAsam}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 6,5 \\ \frac{7,5-x}{7,5-6,5}; & 6,5 \leq x \leq 7,5 \\ 0; & x \geq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{pHNetral}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 6,5 \\ \frac{x-6,5}{7,5-6,5}; & 7 \leq x \leq 8 \\ 0; & x \geq 8 \end{cases}$$

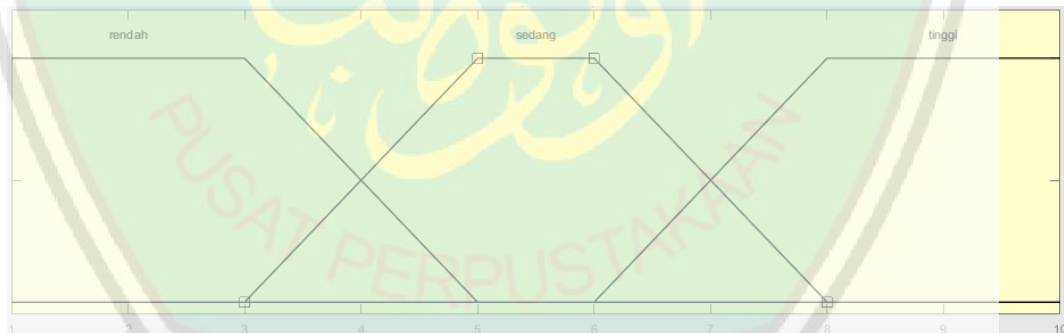
Dengan input nilai pH 7 yang telah diketahui sebelumnya, maka nilai keanggotaannya adalah :

$$\mu_{pHAsam}(x) = \frac{7,5-7}{7,5-6,5} = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

$$\mu_{pHNetral}(x) = \frac{7-6,5}{7,5-6,5} = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

3. Variabel Fuzzy Tingkat Kekерuhan

Variabel nilai pH pada air dibagi menjadi 3 bagian, yaitu : rendah (1 - 5NTU), Sedang (3 - 8NTU), Tinggi (6 - 10NTU).



Gambar 3.7 Derajat Keanggotaan Kekерuhan

Fungsi Keanggotaannya adalah sebagai berikut :

$$\mu_{kekерuhanRendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ \frac{5-x}{5-3}; & 3 \leq x \leq 5 \\ 0; & x \geq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{kekерuhanSedang}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{5-3}; & 3,5 \leq x \leq 5,5 \\ 0; & x \geq 5,5 \end{cases}$$

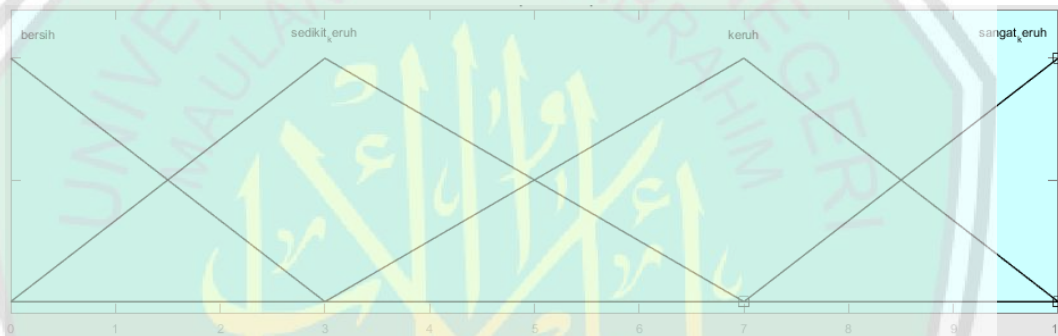
Dengan input tingkat kekeruhan sebesar 4 NTU yang telah diketahui sebelumnya, maka nilai keanggotaannya adalah :

$$\mu_{kekeruhanSedang}(x) = \frac{5-4}{5-2} = \frac{1}{3} = 0,333$$

$$\mu_{kekeruhanTinggi}(x) = \frac{4-2}{5-2} = \frac{2}{3} = 0,667$$

4. Derajat Keanggotaan Kualitas Air

Pada penentuan tingkat kualitas air derajat keanggotaannya dibagi menjadi 4 bagian, yang nantinya digunakan sebagai acuan untuk menyalakan pompa penyaringan.



Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan Kualitas Air

3.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah proses *fuzzifikasi*, maka tahap selanjutnya adalah fungsi implikasi dengan menggunakan metode MIN. Fungsi implikasi (aturan) memiliki bentuk dasar *IF x is A THEN y is B*. Fungsi implikasi pada sistem ini adalah sebagai berikut:

[R1] Jika suhu dingin, pH asam dan kekeruhan rendah maka air bersih

[R2] Jika suhu dingin, pH asam dan kekeruhan sedang maka air keruh

$$\text{MIN}(0,5;0,5;0,333) = 0,333$$

[R3] Jika suhu dingin, pH asam dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,667) = 0,5$$

[R4] Jika suhu dingin, pH netral dan kekeruhan rendah maka air bersih

[R5] Jika suhu dingin, pH netral dan kekeruhan sedang maka air keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,333) = 0,333$$

[R6] Jika suhu dingin, pH netral dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,667) = 0,5$$

[R7] Jika suhu dingin, pH basa dan kekeruhan rendah maka air keruh

[R8] Jika suhu dingin, pH basa dan kekeruhan sedang maka air keruh

[R9] Jika suhu dingin, pH basa dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

[R10] Jika suhu sedang, pH asam dan kekeruhan rendah maka air bersih

[R11] Jika suhu sedang, pH asam dan kekeruhan sedang maka air keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,333) = 0,333$$

[R12] Jika suhu sedang, pH asam dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,667) = 0,5$$

[R13] Jika suhu sedang, pH netral dan kekeruhan rendah maka air sedikit keruh

[R14] Jika suhu sedang, pH netral dan kekeruhan sedang maka air keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,333) = 0,333$$

[R15] Jika suhu sedang, pH netral dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

$$\text{MIN } (0,5;0,5;0,667) = 0,5$$

[R16] Jika suhu sedang, pH basa dan kekeruhan rendah maka air keruh

[R17] Jika suhu sedang, pH basa dan kekeruhan sedang maka air keruh

[R18] Jika suhu sedang, pH basa dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

[R19] Jika suhu panas, pH asam dan kekeruhan rendah maka air keruh

[R20] Jika suhu panas, pH asam dan kekeruhan sedang maka air keruh

[R21] Jika suhu panas, pH asam dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

[R22] Jika suhu panas, pH netral dan kekeruhan rendah maka air keruh

[R23] Jika suhu panas, pH netral dan kekeruhan sedang maka air sangat keruh

[R24] Jika suhu panas, pH netral dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

[R25] Jika suhu panas, pH basa dan kekeruhan rendah maka air keruh

[R26] Jika suhu panas, pH basa dan kekeruhan sedang maka air sangat keruh

[R27] Jika suhu panas, pH basa dan kekeruhan tinggi maka air sangat keruh

3.3.3 Komposisi Aturan

Setelah melakukan proses implikasi, proses berikutnya adalah proses komposisi aturan. Komposisi aturan dilakukan bertujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan dengan menggunakan metode max. Komposisi aturannya adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Air keruh} &= \text{MAX} (R2;R5;R11;14) \\
 &= \text{MAX} (0,5;0,5;0,333;0,5) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Air sangat keruh} &= \text{MAX} (R3;R6;R12;15) \\
 &= \text{MAX} (0,5;0,5;0,667;0,5) \\
 &= 0,667
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka batas area pada saat $\mu_{airkeruh}(z) = 1$, maka nilai z dapat diketahui seperti berikut:

$$0,5 = \frac{z - 7}{10 - 7}$$

$$z = 8,5$$

Ketika $\mu_{airsangatkeruh}(z) = 1$, maka nilai z dapat diketahui seperti berikut:

$$0,667 = \frac{z - 7}{10 - 7}$$

$$z = 9,001$$

Maka hasil komposisi aturan yang didapatkandari fungsi keanggotaan ini adalah:

$$\mu(z) = \begin{cases} \frac{z - 7}{10 - 7} & 0,5; z \leq 8,5 \\ 0,667 & 8,5 \leq z \leq 9,001 \\ 0,667 & z \geq 9,001 \end{cases}$$

3.3.4 Defuzzifikasi

Proses terakhir dari metode *fuzzy* adalah proses *defuzzifikasi*, yaitu untuk mengkonversi nilai *fuzzy* hasil dari agregasi aturan ke dalam sebuah bilangan *crisp*. Metode yang paling umum digunakan untuk melakukan *defuzzifikasi* adalah menggunakan metode centroid, dengan rumus sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z) \cdot z dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

a. Menghitung momentum kualitas air :

1. Momentum 1

$$M1 = \int_7^{8,5} 0,5 z dz = 5,8125$$

2. Momentum 2

$$M1 = \int_{8,5}^{9,001} \frac{z-7}{10-7} z dz = 2,5615555$$

3. Momentum 3

$$M1 = \int_{9,001}^{10} 0,667 z dz = 6,3304966665$$

b. Penentuan luas untuk setiap daerah

1. Luas daerah 1

$$A1 = (8,5 - 7) * 0,5 = 0,75$$

2. Luas daerah 2

$$A2 = \frac{(0,5 + 0,667)(9,001 - 8,5)}{2} = 0,2923335$$

3. Luas daerah 3

$$A3 = (10 - 9,001) * 0,667 = 0,666333$$

Setelah dilakukan perhitungan momentum dan luas daerah, maka dapat diketahui nilai titik pusat yaitu:

$$z^* = \frac{5,8125 + 2,5615555 + 6,3304966665}{0,75 + 0,2923335 + 0,666333} = 8,60586548369738 = 8,6$$

Dari hasil akhir perhitungan defuzzifikasi, dengan nilai 8,6 yang menunjukan pada posisi antara keruh dan sangat keruh.

3.4 Rancangan Eksperimen

Pada bagian perancangan eksperimen ini, memiliki beberapa tahap aturan dengan memperhatikan data yang diambil agar memenuhi aturan tersebut. Untuk menguji apakah setiap aturan telah berjalan dengan baik atau tidak. Data dari hasil pengujian akan ditampilkan seperti pada tabel dibawah.

Tabel 3.1 Rancangan Hasil Uji Coba

| Aturan | Input | | | Diharapkan | Kenyataan | Keterangan |
|--------|-------|----|-----------|------------|-----------|------------|
| | Suhu | pH | Kekeruhan | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Dalam pengujian sistem *monitoring* kualitas air yang akan dibangun ini agar dapat menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Strategi pengujian akan dilakukan dengan menggunakan metode *black-box testing*. Metode *Blackbox-Testing* merupakan salah satu metode yang mudah digunakan karena hanya memerlukan batas bawah dan batas atas dari data yang diharapkan, estimasi banyaknya data uji dapat dihitung melalui banyaknya *field* data entri yang akan diuji, aturan entri yang harus dipenuhi serta kasus batas atas dan batas bawah yang memenuhi. Dan dengan metode ini dapat diketahui jika fungsionalitas masih dapat menerima masukan data yang tidak diharapkan maka menyebabkan data yang disimpan kurang valid (Wahyu, 2018). Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem *monitoring* kualitas air menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Pada sistem ini pengujian dilakukan dengan memberikan sejumlah nilai suhu, pH dan kekeruhan untuk mendapatkan nilai input. Selanjutnya menilai hasil pengujian dari sistem *monitoring* kualitas air dengan

membandingkan hasil yang didapat dari data pakar. Data diperoleh dengan melakukan sejumlah percobaan sesuai yang ditentukan. Rumus akurasi yang digunakan adalah seperti berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ percobaan\ benar}{Total\ percobaan} \times 100\%$$

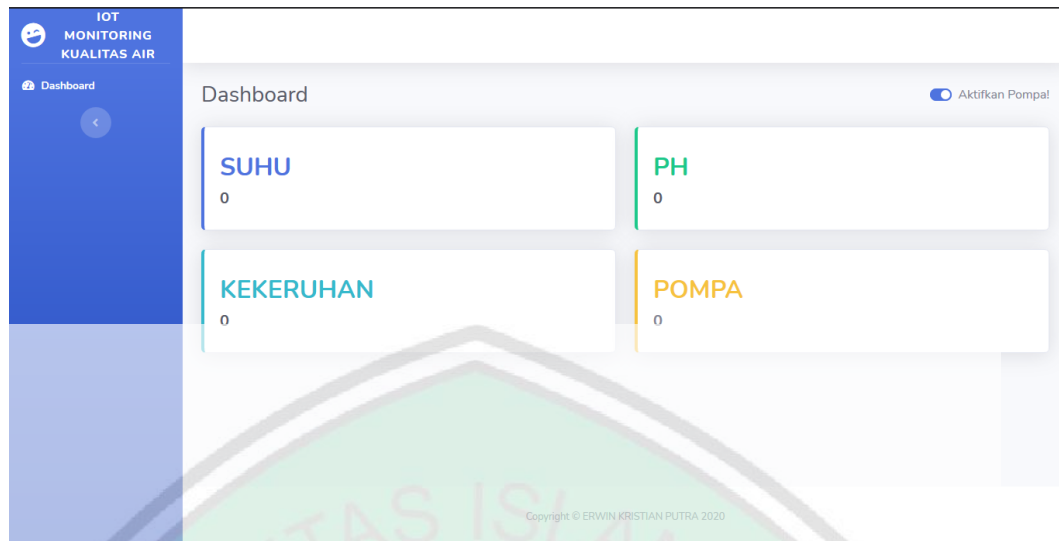
Di mana jumlah percobaan yang benar adalah hasil yang sesuai setelah dibandingkan dengan simulasi di matlab yang kemudian dijadikan pembilang, dan total banyaknya percobaan yang dilakukan digunakan sebagai pembagi lalu dikalikan dengan 100.

3.5 Desain User Interface dan Database

Pada sub bab ini peneliti akan menjelaskan *User interface* dan *Database server* yang digunakan pada penelitian ini.

3.5.1 Desain *User Interface*

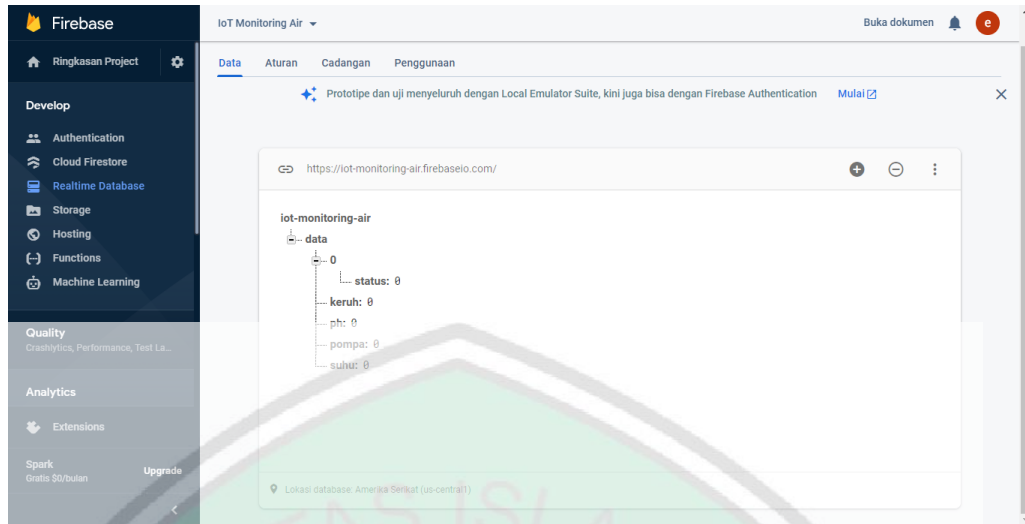
Penelitian ini menggunakan platform *website* sebagai *User Interface*, bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat *website* ini adalah Javascript dan Framework Bootstarp. Pada *User Interface* aplikasi ini terdapat 4 kolom yang menampilkan monitoring keadaan dari Suhu, pH, Kekeruhan, dan Pompa serta terdapat juga tombol *switch* untuk menyalakan dan mematikan pompa.



Gambar 3.9 Desain User Interface

3.5.2 Desain Database

Database yang digunakan di penelitian ini untuk menyimpan data dari penelitian ini menggunakan *Firebase Realtime Database* dari Google. Tipe database ini menggunakan model NoSQL, yaitu bentuk data tidak terbatas pada tabel, tapi berdasarkan *key-value*. Ada 5 data yang dibuat, yaitu keruh untuk menyimpan data kekeruhan, pH untuk menyimpan data pH, pompa untuk menyimpan data pompa, suhu untuk menyimpan data suhu dan status untuk menyimpan data status pompa berikut merupakan desain database sistem pada penelitian.



Gambar 3.10 Desain Database



BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang implementasi, uji coba dan pembahasan dari sistem yang telah dirancang dan dibuat. Uji coba yang dilakukan adalah uji coba *hardware* dan *software* pada sistem. Pengujian *hardware* dilakukan untuk apakah sistem sudah bisa menerapkan metode Fuzzy mamdani dengan baik, sedangkan pengujian *software* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah bisa *memonitoring* kualitas air berbasis *Internet of Things*.

4.1 Implementasi Fuzzy Pada Mikrokontroler

Pada sub bab ini akan menjelaskan langkah-langkah penerapan fuzzy mamdani pada mikrokontroler yang telah dilakukan peneliti, mulai dari implementasi fuzzy, implementasi aplikasi fungsi implikasi, implementasi komposisi aturan dan implementasi defuzzyfikasi.

4.1.1 Implementasi Fuzzy

Fuzzifikasi merupakan proses awal pada metode fuzzy. Fuzzifikasi adalah proses dilakukan dengan mengubah input himpunan tegas ke himpunan fuzzy. Pada setiap himpunan fuzzy tersebut ditentukan oleh domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya akan digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan fuzzy berdasarkan variabel input nya yang merupakan bilangan real, di mana nilai keanggotaan tersebut berada pada interval $[0,1]$. Program untuk menghitung nilai keanggotaan setiap variabel fuzzy yang digunakan pada sistem ini seperti yang terlihat digambar 4.1, 4.2, dan 4.3 dibawah ini.

```

//fuzzyfikasi suhu
if (suhu <= 26) {
    suhuDingin = 1;
    suhuSedang = 0;
    suhuPanas = 0;
} else if (suhu >= 28 && suhu <= 29) {
    suhuDingin = 0;
    suhuSedang = 1;
    suhuPanas = 0;
} else if (suhu >= 31) {
    suhuDingin = 0;
    suhuSedang = 0;
    suhuPanas = 1;
} else if (suhu >= 26 && suhu <= 28) {
    suhuDingin = (28 - suhu) / (28 - 26);
    suhuSedang = (suhu - 26) / (28 - 26);
} else if (suhu >= 29 && suhu <= 31) {
    suhuSedang = (31 - suhu) / (31 - 29);
    suhuPanas = (suhu - 28) / (31 - 29);
}

```

Gambar 4.1 Source Code Fuzzyfikasi Suhu

```

//fuzzyfikasi ph
if (ph = 6.5) {
    pHasam = 1;
    pHnetral = 0;
    pHbasa = 0;
} else if (ph = 7.5) {
    pHasam = 0;
    pHnetral = 1;
    pHbasa = 0;
} else if (ph = 8.5) {
    pHasam = 0;
    pHnetral = 0;
    pHbasa = 1;
} else if (ph >= 6.5 && ph <= 7.5) {
    pHasam = (7.5 - ph) / (7.5 - 6.5);
    pHnetral = (ph - 6.5) / (7.5 - 6.5);
} else if (ph >= 7.5 && ph <= 8.5) {
    pHnetral = (8.5 - ph) / (8.5 - 7.5);
    pHasam = (ph - 7.5) / (8.5 - 7.5);
}

```

Gambar 4.2 Source Code Fuzzyfikasi pH

```

//fuzzyfikasi kekeruhan
if (kekeruhan <= 3) {
    keruhRendah = 1;
    keruhSedang = 0;
    keruhTinggi = 0;
} else if (kekeruhan >= 5 && kekeruhan <= 6) {
    keruhRendah = 0;
    keruhSedang = 1;
    keruhTinggi = 0;
} else if (kekeruhan >= 8) {
    keruhRendah = 0;
    keruhSedang = 0;
    keruhTinggi = 1;
} else if (kekeruhan >= 3 && kekeruhan <= 5) {
    keruhRendah = (5 - kekeruhan) / (5 - 3);
    keruhSedang = (kekeruhan - 3) / (5 - 3);
} else if (kekeruhan >= 5 && kekeruhan <= 8) {
    keruhSedang = (8 - kekeruhan) / (8 - 5);
    keruhTinggi = (kekeruhan - 5) / (8 - 5);
}

```

Gambar 4.3 Source Code Fuzzyfikasi kekeruhan

4.1.2 Implementasi Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap kedua dari proses metode *Fuzzy Mamdani* adalah aplikasi fungsi implikasi. Fungsi implikasi ini berguna untuk mengetahui hubungan dari premis dan konklusi. Nilai keanggotaan setiap aturan ditentukan dengan cara mencari nilai MIN atau terkecil dari nilai keanggotaan variabel fuzzy yang telah dihitung pada proses fuzzifikasi. Program untuk aplikasi fungsi implikasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 sebagai berikut.


```

//Aplikasi Fungsi Implikasi
aturan[0] = getMin(suhuDingin, pHasam, keruhRendah);
aturan[1] = getMin(suhuDingin, pHasam, keruhSedang);
aturan[2] = getMin(suhuDingin, pHasam, keruhTinggi);
aturan[3] = getMin(suhuDingin, pHnetral, keruhRendah);
aturan[4] = getMin(suhuDingin, pHnetral, keruhSedang);
aturan[5] = getMin(suhuDingin, pHnetral, keruhTinggi);
aturan[6] = getMin(suhuDingin, pHbasa, keruhRendah);
aturan[7] = getMin(suhuDingin, pHbasa, keruhSedang);
aturan[8] = getMin(suhuDingin, pHbasa, keruhTinggi);
aturan[9] = getMin(suhuSedang, pHasam, keruhRendah);
aturan[10] = getMin(suhuSedang, pHasam, keruhSedang);
aturan[11] = getMin(suhuSedang, pHasam, keruhTinggi);
aturan[12] = getMin(suhuSedang, pHnetral, keruhRendah);
aturan[13] = getMin(suhuSedang, pHnetral, keruhSedang);
aturan[14] = getMin(suhuSedang, pHnetral, keruhTinggi);
aturan[15] = getMin(suhuSedang, pHbasa, keruhRendah);
aturan[16] = getMin(suhuSedang, pHbasa, keruhSedang);
aturan[17] = getMin(suhuSedang, pHbasa, keruhTinggi);
aturan[18] = getMin(suhuPanas, pHasam, keruhRendah);
aturan[19] = getMin(suhuPanas, pHasam, keruhSedang);
aturan[20] = getMin(suhuPanas, pHasam, keruhTinggi);
aturan[21] = getMin(suhuPanas, pHnetral, keruhRendah);
aturan[22] = getMin(suhuPanas, pHnetral, keruhSedang);
aturan[23] = getMin(suhuPanas, pHnetral, keruhTinggi);
aturan[24] = getMin(suhuPanas, pHbasa, keruhRendah);
aturan[25] = getMin(suhuPanas, pHbasa, keruhSedang);
aturan[26] = getMin(suhuPanas, pHbasa, keruhTinggi);

```

Gambar 4.4 Source Code Aplikasi Fungsi Implikasi

4.1.3 Implementasi Komposisi Aturan

Selanjutnya Komposisi aturan merupakan tahap ketiga dari proses *Fuzzy Mamdani*. Pada tahap ini tujuannya adalah untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi dari setiap aturan menggunakan metode Max atau menggabungkan nilai keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi. Tahap ini mengambil nilai maksimum dari nilai keanggotaan aplikasi fungsi implikasi yang telah dihitung sebelumnya. Kode program untuk tahap ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut ini.

```

//Komposisi Aturan
float airBersih[3] = {aturan[0], aturan[3], aturan[9]};
float airSedikitkeruh[1] = {aturan[12]};
float airKeruh[12] = {aturan[1], aturan[4], aturan[6], aturan[7], aturan[10], aturan[13], aturan[15], aturan[16], aturan[18], aturan[19], aturan[21], aturan[24]
};
float airSangatkeruh[10] = {aturan[5], aturan[8], aturan[11], aturan[14], aturan[17], aturan[20], aturan[22], aturan[23], aturan[25], aturan[26]
};

maxAirbersih = airBersih[0];
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    if (airBersih[i] > maxAirbersih) {
        maxAirbersih = airBersih[i];
    }
}

maxAirsedikitkeruh = aturan[12];

maxAirkeruh = airKeruh[0];
for (int i = 0; i < 12; i++) {
    if (airKeruh[i] > maxAirkeruh) {
        maxAirkeruh = airKeruh[i];
    }
}

maxAirsangatkeruh = airSangatkeruh[0];
for (int i = 0; i < 10; i++) {
    if (airSangatkeruh[i] > maxAirsangatkeruh) {
        maxAirsangatkeruh = airSangatkeruh[i];
    }
}

```

Gambar 4.5 Source Code Mencari Nilai Maksimal

Selanjutnya setelah mengetahui nilai maksimal diatas, kemudian dicari komposisi aturannya pada setiap daerahnya. Program untuk mencari komposisi aturan seperti yang ditunjukkan gambar 4.6 berikut.

```

//Hitung Batas Area
float z1Temp, z2Temp;
if (maxAirbersih == 1) {
    z1 = maxAirbersih * (airBersihMax - airBersihMin) + airBersihMin;
    z2 = 0;
} else if (maxAirsedikitkeruh == 1) {
    z1 = maxAirsedikitkeruh * (airSedikitkeruhMax1 - airSedikitkeruhMin1) + airSedikitkeruhMin1;
    z2 = 0;
} else if (maxAirkeruh == 1) {
    z1 = maxAirkeruh * (airKeruhMax1 - airKeruhMin1) + airKeruhMin1;
    z2 = 0;
} else if (maxAirsangatkeruh == 1) {
    z1 = maxAirsangatkeruh * (airSangatkeruhMax - airSangatkeruhMin) + airSangatkeruhMin;
    z1 = 0;
} else if (maxAirbersih > 0 && maxAirsedikitkeruh > 0 || maxAirbersih > 0) {
    z1Temp = maxAirbersih * (airBersihMax - airBersihMin) + airBersihMin;
    z2Temp = maxAirsedikitkeruh * (airSedikitkeruhMax1 - airSedikitkeruhMin1) + airSedikitkeruhMin1;
    z1 = min(z1Temp, z2Temp);
    z2 = max(z1Temp, z2Temp);
} else if (maxAirsedikitkeruh > 0 && maxAirkeruh > 0 || maxAirsedikitkeruh > 0) {
    z1Temp = maxAirsedikitkeruh * (airSedikitkeruhMax2 - airSedikitkeruhMin2) + airSedikitkeruhMin2;
    z2Temp = maxAirkeruh * (airKeruhMax2 - airKeruhMin2) + airKeruhMin2;
    z1 = min(z1Temp, z2Temp);
    z2 = max(z1Temp, z2Temp);
} else if (maxAirkeruh > 0 && maxAirsangatkeruh > 0 || maxAirkeruh) {
    z1Temp = maxAirkeruh * (airKeruhMax2 - airKeruhMin1) + airKeruhMin1;
    z2Temp = maxAirsangatkeruh * (airSangatkeruhMax - airSangatkeruhMin) + airSangatkeruhMin;
    z1 = min(z1Temp, z2Temp);
    z2 = max(z1Temp, z2Temp);
}
}

```

Gambar 4.6 Source Code Menghitung Komposisi Aturan

4.1.4 Implementasi Defuzzifikasi

Tahap terakhir atau tahap keempat tahap terakhir merupakan implementasi dari metode *Fuzzy Mamdani*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menafsirkan nilai keanggotaan fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan *real*. Metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi ini adalah metode centroid. Metode centroid adalah metode yang menggabungkan hasil komposisi aturan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah fuzzy. Tahapan metode centroid yaitu menentukan momentum (integral dari masing-masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas area, dan menentukan titik pusat. Rumus untuk metode centroid adalah:

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)zdz}{\int_z \mu(z)zdz}$$

Proses pertama dari defuzzifikasi, yaitu dengan mencari momentum setiap bagian. Dengan rumus $\int_z (z)$ menyatakan momentum untuk setiap daerah hasil komposisi aturan. Rumus integral ini disederhanakan terlebih dahulu kemudian dituliskan ke dalam program.

```

//Hitung Momentum
if (maxAirbersih == 1) {
    m1 = 0;
    m2 = 0;
    m3 = 0;
} else if (maxAirsedikitkeruh == 1) {
    m1 = pow(airSedikitkeruhMax1, 2) / 2;
    m2 = 0;
    m3 = 0;
} else if (maxAirkeruh == 1) {
    m1 = (pow(airKeruhMax1, 2) / 2) - (pow(airKeruhMin1, 2) / 2);
    m2 = 0;
    m3 = 0;
} else if (maxAirsangatkeruh) {
    m1 = (pow(airSangatkeruhMax, 2) / 2) - (pow(airSangatkeruhMin, 2) / 2);
    m2 = 0;
    m3 = 0;
} else if (maxAirbersih > 0 && maxAirsedikitkeruh > 0 || maxAirbersih > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirbersih, maxAirsedikitkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirbersih, maxAirsedikitkeruh);
    m1 = maxPompa1 * (0.5 * pow(s1, 2) - 0.5 * pow(airBersihMin, 2));
    float m2_a = (pow(s2, 3) / 3) - (pow(s1, 3) / 3);
    float m2_b = airBersihMin * ((pow(s2, 2) / 2) - (pow(s1, 2) / 2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (airBersihMax - airBersihMin);
    m3 = maxPompa2 * (0.5 * pow(airSedikitkeruhMax1, 2) - 0.5 * pow(s2, 2));
} else if (maxAirsedikitkeruh > 0 && maxAirkeruh > 0 || maxAirsedikitkeruh > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirsedikitkeruh, maxAirkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirsedikitkeruh, maxAirkeruh);
    m1 = maxPompa1 * (0.5 * pow(s1, 2) - 0.5 * pow(airSedikitkeruhMin2, 2));
    float m2_a = (pow(s2, 3) / 3) - (pow(s1, 3) / 3);
    float m2_b = airSedikitkeruhMin2 * ((pow(s2, 2) / 2) - (pow(s1, 2) / 2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (airSedikitkeruhMax2 - airSedikitkeruhMin2);
    m3 = maxPompa2 * (0.5 * pow(airKeruhMax1, 2) - 0.5 * pow(s2, 2));
} else if (maxAirkeruh > 0 || maxAirsangatkeruh > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirkeruh, maxAirsangatkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirkeruh, maxAirsangatkeruh);
    m1 = maxPompa1 * (0.5 * pow(s1, 2) - 0.5 * pow(airKeruhMax2, 2));
    float m2_a = (pow(s2, 3) / 3) - (pow(s1, 3) / 3);
    float m2_b = airKeruhMin2 * ((pow(s2, 2) / 2) - (pow(s1, 2) / 2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (airKeruhMax2 - airKeruhMin2);
    m3 = maxPompa2 * (0.5 * pow(airSangatkeruhMax, 2) - 0.5 * pow(s2, 2));
}
}

```

Gambar 4.7 Mencari Nilai Momentum

Lalu proses kedua fuzzifikasi adalah mencari nilai luas setiap daerah. Luas setiap daerah dapat diperoleh dengan mencari luas berdasarkan bentuk dari masing-masing daerah hasil komposisi aturan. Kode program untuk mencari luas setiap daerah adalah seperti yang ada di gambar 4.8 berikut ini.


```

//Hitung Luas Area
if (maxAirbersih == 1) {
    a1 = 0;
    a2 = 0;
    a3 = 0;
} else if (maxAirsedikitkeruh == 1) {
    a1 = s1 * maxAirsedikitkeruh / 2;
    a2 = 0;
    a3 = 0;
} else if (maxAirkeruh == 1) {
    a1 = s1 * maxAirkeruh / 2;
    a2 = 0;
    a3 = 0;
} else if (maxAirsangatkeruh == 1) {
    a1 = s1 * maxAirsangatkeruh / 2;
    a2 = 0;
    a3 = 0;
} else if (maxAirbersih > 0 && maxAirsedikitkeruh > 0 || maxAirbersih > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirbersih, maxAirsedikitkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirbersih, maxAirsedikitkeruh);
    a1 = (s1 - airBersihMin) * maxPompa1;
    a2 = ((maxPompa1 + maxPompa2) * (s2 - s1)) / 2;
    a3 = (airSedikitkeruhMax1 - s2) * maxPompa2;
} else if (maxAirsedikitkeruh > 0 && maxAirkeruh > 0 || maxAirsedikitkeruh > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirsedikitkeruh, maxAirkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirsedikitkeruh, maxAirkeruh);
    a1 = (s1 - airSedikitkeruhMin2) * maxPompa1;
    a2 = ((maxPompa1 + maxPompa2) * (s2 - s1)) / 2;
    a3 = (airKeruhMax1 - s2) * maxPompa2;
} else if (maxAirkeruh > 0 || maxAirsangatkeruh > 0) {
    maxPompa1 = min(maxAirkeruh, maxAirsangatkeruh);
    maxPompa2 = max(maxAirkeruh, maxAirsangatkeruh);
    a1 = (s1 - airKeruhMin2) * maxPompa1;
    a2 = ((maxPompa1 + maxPompa2) * (s2 - s1)) / 2;
    a3 = (airSangatkeruhMax - s2) * maxPompa2;
}
}

```

Gambar 4.8 Mencari Nilai Luas Area

Proses terakhir untuk defuzzifikasi ialah dengan membagi jumlah seluruh momentum dengan jumlah luas area.

```
pompa = ceil(m1 + m2 + m3) / (a1 + a2 + a3);
```

4.2 Pengujian Alat

Pengujian yang dilakukan pada sistem alat ini bertujuan untuk mengetahui rancangan sistem monitoring kualitas air menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk kontrol pompa air berbasis *IoT*, serta untuk memastikan bahwa aturan-aturan yang dibuat berjalan dengan baik sesuai aturan. Pengujian sistem dilakukan selama

1 hari dengan memasukan berbagai jenis input. Untuk mendapatkan berbagai macam input peneliti menggunakan air dingin, cuka, dan pewarna untuk memanipulasi suhu, pH dan kekeruhan air. Data dan sampel dari hasil pengujian sistem dapat dilihat pada tabel 4.1 dan Gambar 4.9

Tabel 4.1 Pengujian Alat

| Rule | Input | | | Diharapkan | Kenyataan | Keterangan |
|------|-------|-----|-----------|---------------|---------------|--------------|
| | Suhu | pH | Kekeruhan | | | |
| 1 | 28 | 6.5 | 2.5 | Bersih | Bersih | Sesuai |
| 2 | 27 | 6.8 | 3 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 3 | 26.8 | 7.2 | 8 | Sangat keruh | Keruh | Tidak sesuai |
| 4 | 26.5 | 7 | 2.5 | Bersih | Bersih | Sesuai |
| 5 | 26.5 | 7 | 8.2 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 6 | 26.5 | 7 | 8.7 | Sangat keruh | Keruh | Tidak sesuai |
| 7 | 26.5 | 8.2 | 2.7 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 8 | 26.5 | 7.7 | 6 | Keruh | Sangat keruh | Tidak sesuai |
| 9 | 26.5 | 7.7 | 10 | Sangat keruh | Sangat keruh | Sesuai |
| 10 | 26.5 | 7.5 | 1.6 | Bersih | Bersih | Sesuai |
| 11 | 26.6 | 7 | 4.4 | Keruh | Bersih | Tidak sesuai |
| 12 | 26.6 | 7.2 | 10 | Sangat keruh | Sangat keruh | Sesuai |
| 13 | 26.4 | 6.8 | 2.6 | Sedikit keruh | Sedikit keruh | Sesuai |
| 14 | 26.4 | 6.7 | 3.5 | Keruh | Sedikit keruh | Tidak sesuai |
| 15 | 26.4 | 7.3 | 7.9 | Sangat keruh | Sangat keruh | Sesuai |
| 16 | 26.2 | 8 | 1.2 | Keruh | Keruh | Sesuai |

| Rule | Input | | | Diharapkan | Kenyataan | Keterangan |
|------|-------|-----|-----------|--------------|--------------|--------------|
| | Suhu | pH | Kekeruhan | | | |
| 17 | 30 | 8.1 | 8 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 18 | 29 | 7.5 | 8 | Sangat keruh | Sangat keruh | Sesuai |
| 19 | 30 | 6.9 | 2.7 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 20 | 31 | 7 | 7 | Keruh | Sangat keruh | Tidak sesuai |
| 21 | 31.4 | 7 | 7.4 | Sangat keruh | Sangat keruh | Sesuai |
| 22 | 32 | 7.5 | 8 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 23 | 31 | 7.4 | 7.7 | Sangat Keruh | Sangat Keruh | Sesuai |
| 24 | 30 | 7.4 | 7.7 | Sangat Keruh | Sangat Keruh | Sesuai |
| 25 | 30 | 7.6 | 2 | Keruh | Keruh | Sesuai |
| 26 | 29 | 7.5 | 8.3 | Sangat Keruh | Sangat Keruh | Sesuai |
| 27 | 29 | 7.7 | 8 | Sangat Keruh | Sangat Keruh | Sesuai |



Gambar 4.9 Sampel Pengujian

Dari hasil data pengujian pada tabel 4.1 maka dapat diketahui bahwa tingkat akurasi dari perancangan sistem monitoring kualitas air menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk kontrol pompa berbasis IOT, yaitu :

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ percobaan\ yang\ benar}{Total\ percobaan} \times 100\%$$

$$Akurasi \frac{21}{27} * 100\% = 77.77\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa tingkat akurasi penelitian ini sebesar 77.77%.

4.2.1 Pengujian Kalibrasi

Pengujian kalibrasi sensor suhu, pH, kekeruhan ini ditujukan untuk melihat seberapa akurat sensor suhu, pH, kekeruhan dalam mendeteksi suhu, pH, dan kekeruhan yang akan diukur oleh sensor.

1. Sensor Suhu

Pada pengujian sensor ini peneliti menggunakan termometer sebagai alat pembanding kalibrasi, pada gambar 4.10 menunjukan bahwa suhu yang terdeteksi oleh termometer adalah 27.3 derajat celsius sedangkan pada gambar 4.11 menunjukan suhu yang terdeteksi oleh sensor suhu adalah 26.7 derajat celsius. Dari hasil keduanya tersebut terdapat perbedaan antara alat pembanding dan sensor, dengan selisih hasil antara alat pembanding dan sensor sebesar 0.6 derajat celsius.

Selanjutnya peneliti melakukan uji coba tingkat error pada sensor ialah :

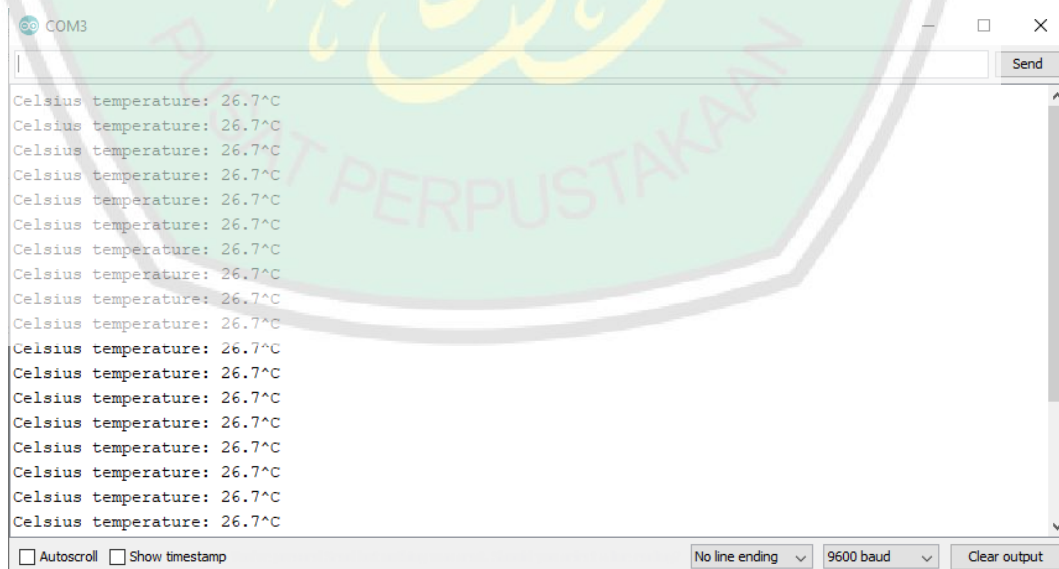
$$\text{error} = \left| \frac{\text{Nilai Asli} - \text{Nilai Ukur}}{\text{Nilai Asli}} \right| \times 100\%$$

$$\text{error} = \left| \frac{27.3 - 26.7}{27.3} \right| \times 100\%$$

$$\text{error} = 0.02\%$$



Gambar 4.10 Nilai Suhu Termometer



Gambar 4.11 Nilai Suhu Sensor

2. Sensor pH

Pada pengujian sensor ini peneliti menggunakan serbuk kalibrasi pH 6.86 yang dilarutkan pada air, selanjutnya peneliti mengukurnya dengan sensor pH untuk membandingkan apakah sensor sudah sesuai dengan serbuk kalibrasi atau tidak.



Gambar 4.12 Serbuk Kalibrasi pH 6.86

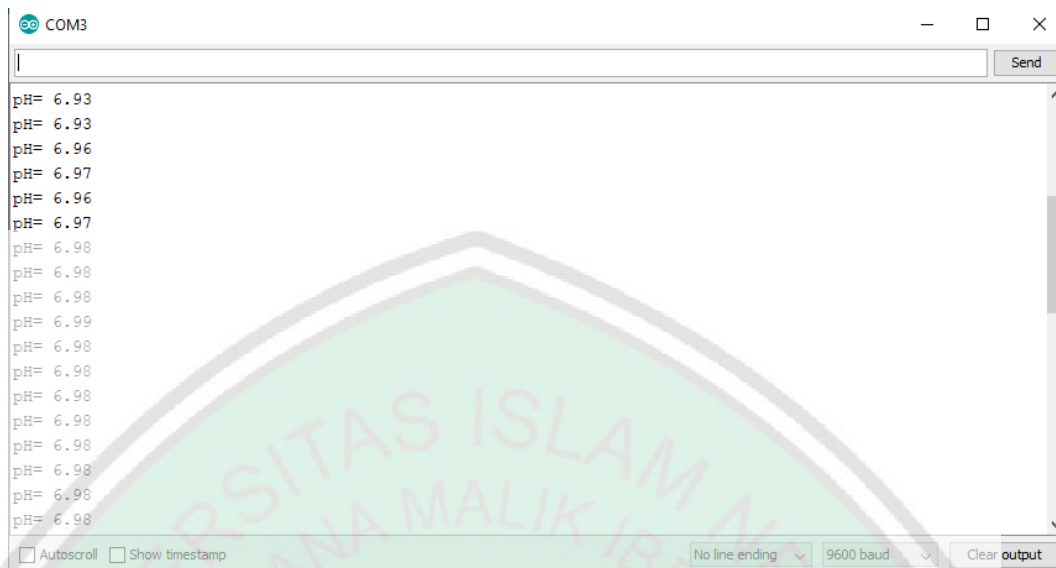
Hasil yang didapat ternyata sensor mendeteksi serbuk kalibrasi pH yang terlarut pada pH 6.93 sampai dengan pH 6.99, hasil ini menunjukkan terdapat perbedaan antara serbuk kalibrasi pH dan sensor, dengan selisih hasil antara serbuk kalibrasi pH dan sensor adalah 0.07 – 0.13 nilai pH.

Selanjutnya peneliti melakukan uji coba tingkat error pada sensor ialah :

$$error = \left| \frac{\text{Nilai Asli} - \text{Nilai Ukur}}{\text{Nilai Asli}} \right| \times 100\%$$

$$error = \left| \frac{6.86 - 6.99}{6.86} \right| \times 100\%$$

$$error = 0.01\%$$



Gambar 4.13 Nilai Sensor pH

3. Sensor Kekeruhan

Merujuk dari Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air menyatakan batas maksimum kekeruhan air bersih dengan skala NTU yaitu 25 dan merujuk dari Peraturan Menteri Kesehatan Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum batas maksimum kekeruhan air minum dengan skala NTU yaitu 5.



Gambar 4.14 Air Mineral Pemanding

Pada pengujian ini peneliti menggunakan air mineral sebagai alat pembanding. Sensor kekeruhan mendeteksi kekeruhan pada air mineral pada nilai 0.52-0.84 NTU tidak melebihi batas maksimal NTU air mineral yang terletak pada 5 NTU, sehingga dapat dikatakan sensor dapat berfungsi dengan semestinya.



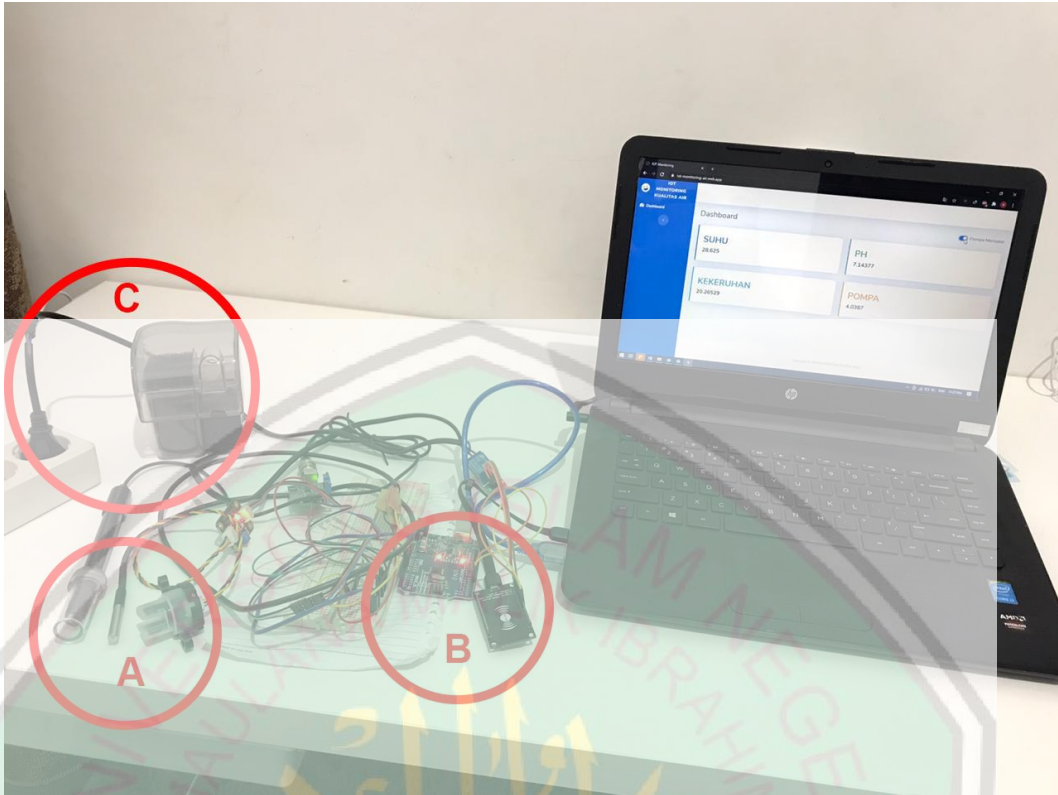
Gambar 4.15 Nilai Sensor Kekeruhan

4.3 Pembahasan

Menjelaskan sistem yang dirancang pada *hardware* dan *software*. Mulai dari alat dan sensor yang digunakan pada sistem *hardware* hingga *Framework* dan *Database* yang digunakan untuk *software*.

4.3.1 Sistem *Hardware*

Sistem *hardware* pada penelitian ini menggunakan Arduino UNO dan NodeMCU. Arduino UNO digunakan sebagai tempat untuk mengakses input dari sensor dan mengelola nilai input sensor dengan program fuzzy mamdani. Selanjutnya sistem Arduino akan mengirimkan data suhu, pH, kekeruhan dan pompa ke NodeMCU. Lalu NodeMCU akan meneruskan data yang diperoleh dari Arduino UNO Ke firebase, selain itu NodeMCU juga bertugas untuk mengatur pompa berdasarkan output yang sudah dihasilkan sistem fuzzy.



Gambar 4.16 Hardware Sistem

Keterangan gambar diatas akan dijelaskan satu persatu di bawah ini:

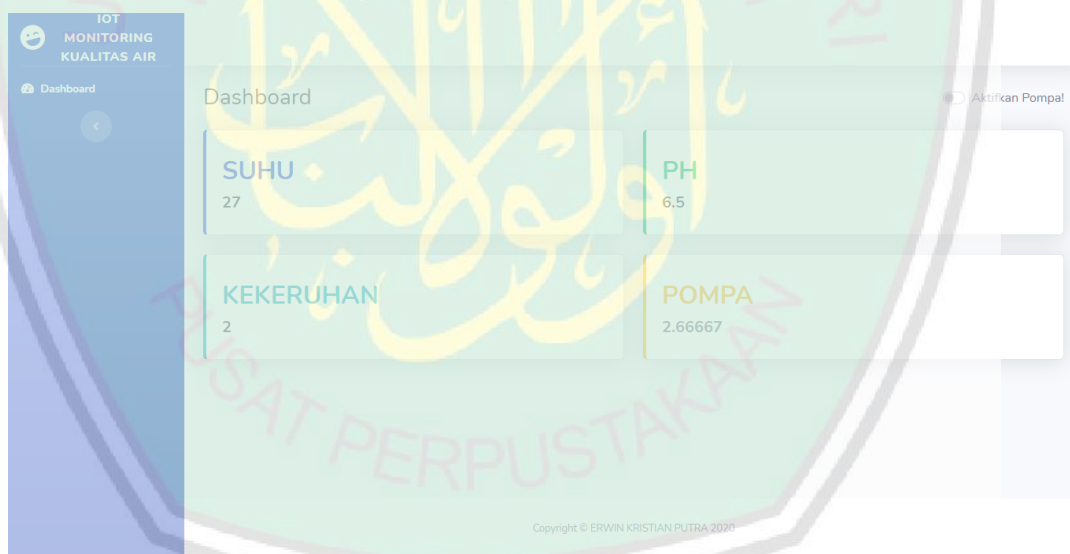
1. Pada lingkaran A merupakan input sensor suhu, pH dan kekeruhan di mana Arduino sebagai tempat untuk mengakses sensor dan tempat untuk perhitungan fuzzy.
2. Pada lingkaran B adalah proses setelah input dan hasil fuzzy yang di akses oleh Arduino diperoleh maka selanjutnya data sensor diteruskan ke module *Wi-Fi* NodeMCU, lalu NodeMCU akan mengirimkan data sensor tersebut ke server database.
3. Lingkaran C setelah data dikirimkan ke server database pada bagian proses output dari hasil perhitungan menyatakan air tidak bersih maka akan memancing pompa untuk menyala, lalu hasil deteksi sensor dan perhitungan fuzzy akan ditampilkan pada website.

4.3.2 System Software

Pada sub bab ini peneliti akan menjelaskan *User interface* dan *Database server* yang digunakan pada penelitian ini.

1. User Interface

User Interface pada rancangan sistem monitoring kualitas air ini menggunakan bahasa pemrograman Javascript AJAX dan menggunakan framework CSS Bootstrap. Pada *interface* sistem ini terdapat menu dashboard untuk melihat dan memonitor nilai suhu, pH dan kekeruhan pada air. Data ini bersifat *realtime* artinya akan langsung dilakukan pembaharuan data ketika terdeteksi ada perubahan data input di sistem, lalu data dikirim dari NodeMCU ke firebase dan firebase melakukan pembaharuan pada *user interface*.



Gambar 4.17 User Interface Sistem

2. Database dan Server

Sistem *server* dan *database* di sistem ini menggunakan layanan dari Google firebase. Salah satu fitur yang terdapat pada firebase ini adalah *Firestore Realtime Database*, *Firestore Realtime Database* merupakan database yang di-host di cloud

milik Google. Data disimpan dalam bentuk JSON (JavaScript Object Notation) dan disinkronkan secara realtime ke setiap platform yang terhubung. Kelebihan dari sistem firebase ini adalah mudah diintegrasikan dengan berbagai platform. Pada sistem ini hanya menggunakan platform web yang dihubungkan menggunakan JavaScript SDK dari firebase. Pada database ini terdapat 5 data, yaitu status, suhu, pH, kekeruhan, serta pompa. Data status menyimpan status dari pompa, 0 menunjukkan pompa mati dan 1 menunjukkan pompa menyala. Data suhu menyimpan nilai suhu, data pH menyimpan tingkatan pH dan data kekeruhan menyimpan nilai kekeruhan pada air.



Gambar 4.18 Database dan Server Sistem

4.4 Integrasi Islam

Penelitian ini bertujuan untuk membangun rancangan sistem monitoring kualitas air pada budidaya ikan hias. Fungsi alat ini adalah melakukan pemantauan kualitas air dan melakukan penyaringan apabila kualitas air terpantau buruk, agar

kualitas air tetap bersih. Karena sesungguhnya hewan ternak mendatangkan banyak manfaat, sebagaimana firman Allah yang berbunyi:

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُّسْقِيكُم مِّمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفُلْكِ تُحْمَلُونَ

Artinya: “dan Sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu, Kami memberi minum kamu dari air susu yang ada dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian daripadanya kamu makan, Dan di atas punggung binatang-binatang ternak itu dan (juga) di atas perahu-perahu kamu diangkut. (Qs. Al-Mu'minun/23:21-22).

Ayat di atas menjelaskan bahwasanya pada binatang-binatang ternak terdapat 'ibrah bagi manusia. 'Ibrah dapat ditafsirkan sebagai pelajaran atau tanda bagi manusia, 'ibrah dapat pula ditafsirkan sebagai sesuatu yang perlu diseberangi atau dieksplorasi. Hal ini berarti bahwa kita sebagai manusia perlu mengeksplorasi segala sesuatu yang ada pada binatang ternak.

Allah menciptakan semua binatang ternak bukan tanpa maksud dan tujuan, hal tersebut semata-mata untuk kemaslahatan dan kesejahteraan bagi umat manusia karena pada binatang ternak terdapat banyak manfaat yang dapat diambil dan digunakan untuk kebutuhan dan kelangsungan hidup manusia, sebagaimana firman Allah dalam surat An-Nahl ayat 5 yang berbunyi:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

Artinya: “dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebahagiannya kamu makan.” (Qs. An-Nahl/16: 5).

Berdasarkan ayat diatas, terdapat lafadz “Manafi’u” yang artinya adalah berbagai manfaat. (Shihab, 2002) Menafsirkan bahwa Allah telah menciptakan hewan ternak dan memiliki keistimewaan antara lain memiliki bulu yang dapat menghangatkan kamu. Dengan demikian penggalan ayat ini merupakan uraian menyangkut sebagian nikmat Allah kepada manusia yaitu nikmatnya melalui binatang ternak.

Maka dari itu sudah sepatutnya kita juga harus merawat dan memperlakukan hewan ternak dengan baik, salah satunya membersihkan tempat tinggal yang mereka tinggali seperti kandang bagi ternak di darat dan juga kolam bagi ternak di air. Karena sesungguhnya kebersihan sebagian dari iman sebagaimana hadist yang diriwayatkan oleh salah satu ulama, yang berbunyi:

عَنْ سَعْدِ بْنِ أَبِي وَقَّاصٍ عَنْ أَبِيهِ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ
الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرَامَ جَوَادٌ يُحِبُّ الْجَوَادَ فَنَظِّفُوا أَسْبَابَكُمْ

Artinya : “Sesungguhnya Allah Ta’ala itu baik (dan) menyukai kebaikan, bersih (dan) menyukai kebersihan, mulia (dan) menyukai kemuliaan, bagus (dan) menyukai kebagusan. Oleh sebab itu, bersihkanlah lingkunganmu”. (HR. At- Turmudzi).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan implementasi yang dilakukan peneliti, dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy mamdani dapat memenuhi tujuan untuk memonitoring kualitas air pada budidaya bibit ikan hias berbasis IoT, dari beberapa uji coba kalibrasi sensor suhu dengan toleransi selisih 0.6 derajat celsius, sensor pH dengan toleransi selisih sebesar 0.07 – 0.13 dan sensor kekeruhan dengan toleransi selisih sebesar 1.53 – 1.74 NTU. Sedangkan dari 27 kali percobaan yang dilakukan sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 77%.

5.2 Saran

Penelitian ini masih bisa untuk dikembangkan dan dilanjutkan dengan menambahkan beberapa parameter dari kualitas air salah satu parameter yang bisa ditambahkan yaitu parameter TDS. Parameter TDS bisa menggunakan sensor TDS sebagai alat pendeteksi TDS pada air, sensor TDS juga memiliki harga yang lebih terjangkau dan kalibrasi sensor yang mudah sehingga bisa lebih spesifik lagi dalam memonitoring dan menentukan kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan, S. N. (2009). *Produksi ikan nila (Oreochromis Niloticus Bleeker)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bhawiguya, A., & Yahya, W. (2018). Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol Lora. *jtiik*, 99-106.
- Budiharto, W., & Suhartono, D. (2014). *Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya*. Yogyakarta: ANDI.
- Cholillullah, M., Syauqy, D., & Tibyani. (2018). Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. *j-ptiik*, 1813-1822.
- Cholofah, W. N., Yulianingsih, & Sagita, S. M. (2018). PENGUJIAN BLACK BOX TESTING PADA APLIKASI ACTION & STRATEGY BERBASIS ANDROID DENGAN TEKNOLOGI PHONEGAP. *Jurnal String*.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Hardyanto, R. H. (2017). Konsep Internet Of Things pada Pembelajaran Berbasis Web. *Jurnal Dinamika Informatika*, 87-97.
- Kementerian, K. P. (2019). KKP SERIUS GARAP POTENSI BUDIDAYA IKAN HIAS NASIONAL. *DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDIDAYA*.
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Menteri, K. P. (2013). *PERSYARATAN JAMINAN MUTU DAN KEAMANAN HASIL PERIKANAN PADA PERSYARATAN JAMINAN MUTU DAN KEAMANAN HASIL PERIKANAN PADA*. Jakarta: Menteri Kelautan Dan Perikanan.
- Newswire. (2016). *Potensi Ikan Hias di Indonesia Ribuan Spesies*. Jakarta: Ekonomi & Bisnis.

Pemerintah Indonesia. (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2001). *Undang-Undang No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Indonesia. (2003). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Samura, A., Kurniawan, W., & Setyawan, G. E. (2018). Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode Fuzzy Logic Control Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO. *j-piitk ub*, 2, 2644.

Satriadi, A., Wahyudi, & Christiyono, Y. (2019). PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU. *TRANSIENT*.

Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir al-Misbah*. Jakarta: Lentera hati.

Sugiono, Indriyanti, T., & Ruswiansari, M. (2017). Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis Internet Of Things (IoT). *INTEGER: Journal of Information Technology*, 41-48.

Susana, T. (2003). AIR SEBAGAI SUMBER KEHIDUPAN. *Oseana*, 17-25.

Utama, Y. A. (2016). Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan. *e-Jurnal NARODROID*.

Wadu, R. A., Bungin Ada, Y. S., & Panggalo, I. U. (2017). Rancang Bangun Sistem Sirkulasi Air Pada Akuarium/Bak Ikan Air Tawar. *Jurnal Ilmiah Flash*, 1-10.

Wibisono, D. A., Aminah, S., & Maulana, G. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air pada Tambak Udang Berbasis Internet of Things. *SNIA*.

<https://tekno.foresteract.com/internet/>

<https://tekno.foresteract.com/iot-internet-of-things/>

<https://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>

<https://serviceacjogja.pro/pengertian-arduino/>

<https://www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-module-ph-meter-sensor-menggunakan-arduino/>

