

**IMPLEMENTASI SISTEM PENGATURAN PH OTOMATIS TERHADAP
AIR AKUARIUM IKAN GURAMI DENGAN MEDIA AQUAPONIK
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROL***

SKRIPSI

**Oleh:
KURNIA SIWI KINASHIH
NIM. 17650072**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**IMPLEMENTASI SISTEM PENGATURAN PH OTOMATIS TERHADAP
IKAN GURAMI DENGAN MEDIA AQUAPONIK MENGGUNAKAN
*FUZZY LOGIC CONTROL***

SKRIPSI

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

**Oleh:
KURNIA SIWI KINASIH
NIM. 17650072**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

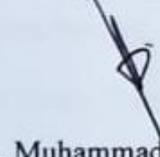
**IMPLEMENTASI SISTEM PENGATURAN PH OTOMATIS TERHADAP
AIR AKUARIUM IKAN GURAMI DENGAN MEDIA AQUAPONIK
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROL***

SKRIPSI

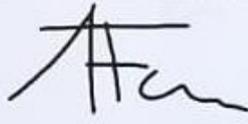
**Oleh :
KURNIA SIWI KINASIH
NIM. 17650072**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 11 Juni 2021

Dosen Pembimbing I


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

Dosen Pembimbing II


Fatchurrochman, M.Kom
NIP. 19700731 200501 1 002

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




Dr. Cahyo Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI SISTEM PENGATURAN PH OTOMATIS TERHADAP AIR AKUARIUM IKAN GURAMI DENGAN MEDIA AQUAPONIK MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL

SKRIPSI

Oleh :
KURNIA SIWI KINASIH
NIM. 17650072

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal 11 Juni 2021

Susunan Dewan Penguji

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| 1. Penguji Utama | : | <u>Prof. Dr. Suhartono</u>
NIP. 19680519 200312 1 001 |
| 2. Ketua Penguji | : | <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom</u>
NIP. 19831213 201903 1 004 |
| 3. Sekretaris Penguji | : | <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u>
NIP. 19740510 200501 1 007 |
| 4. Anggota Penguji | : | <u>Fatchurrochman, M.Kom</u>
NIP. 19700731 200501 1 002 |

Tanda tangan

()
()
()
()

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 dibawah ini:

Nama : Kurnia Siwi Kinasih

NIM : 17650072

Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Infomatika

Judul Skripsi : Implementasi Sistem Pengaturan pH Otomatis Terhadap Air Akuarium Ikan Gurami dengan Media Aquaponik Menggunakan *Fuzzy Logic Control*.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 31 Januari 2021
Yang membuat pernyataan,

Kurnia Siwi Kinasih
NIM. 17650072

HALAMAN MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala

Shalawat serta salam kepada Rasulullah Shallallahu 'alaihi wasallam

Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Agus Setiyo Budi dan Ibu Endang Setiyo Wati yang selalu membimbing penulis, memberikan do'a, dukungan, serta motivasi yang tidak terhingga. Syukur Alhamdulillah dan ribuan ucapan termakasih teruntuk mereka.

Kakak penulis, Dadang Bagus Kumbara yang selalu menemani penulis menempuh pendidikan hingga kini serta keluarga dirumah yang selalu memberikan do'a, dukungan dan energi positif.

Dosen pembimbing penulis Bapak Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Bapak Fatchurrochman, M.Kom yang telah dengan sabar membimbing jalannya penelitian skripsi ini dan selalu memberikan stimulus positif untuk tetap semangat menjalani setiap tahap ujian skripsi.

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dan seluruh guru-guru penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat.

Wahyu Adi Kurniawan, seseorang yang berarti bagi penulis, seseorang yang selalu ada disaat suka maupun duka, yang selalu memberikan semangat, do'a, segala bantuan dan motivasinya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Gita Silviyana, Dyah Ayu Wiranti , dan Ainafatul Nur Muslikah sahabat yang selalu mendukung satu sama lain dan selalu semangat untuk belajar bersama. Ribuan kalimat bahagia dan syukur yang tak akan cukup penulis tulis disini teruntuk mereka.

Teman seperjuangan dari kecil yang berada di desa, yang selalu memberikan suntikan motivasi dan doanya kepada penulis.

Teman-teman organisasi dan rangers ONTAKI UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkan penulis berbagai hal untuk terus belajar dan semakin baik.

Keluarga Teknik Informatika, terutama keluarga Unocore (Teknik Informatika angkatan 2017) yang telah memberikan semangat dan doanya.

Penulis ucapkan “*jazakumullah khairan katsiiraa*”. Semoga ukhwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah Subhanahu wata’ala. Aamiin Allahumma Aamiin..

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu, yang penulis beri judul “Implementasi Sistem Pengaturan pH Otomatis Terhadap Air Akuarium Ikan Gurami dengan Media Aquaponik Menggunakan *Fuzzy Logic Control*”. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi (FSAINTEK) Program Studi Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua tercinta yang telah banyak memberikan do'a dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Cahyo Crysdiyan, Selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Muhammad Faisal, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
6. Fatchurrochman, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

7. M. Imamudin Lc, MA, selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan banyak motivasi dan saran untuk kebaikan penulis.
8. Citra Fidya Atmalia, S.H, selaku admin jurusan yang selalu membantu dan memberikan pengarahan penyusunan skripsi.
9. Anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan semangat kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis serta target bersama untuk lulus skripsi dan wisuda bersama.
11. Teman-teman Unocore yang selalu memberikan semangat dan do'a kepada penulis.
12. Rangers ONTAKI (Otomasi dan Robotika UIN Maliki) yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
13. Sahabat di kost dan di kampung halaman yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
14. Orang yang penulis sayangi, yang selalu ada, dan memberikan dukungan penuh serta do'a kepada penulis.
15. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya tanpa mengurangi rasa hormat dan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Malang, 31 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
الملخص.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	7
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terkait.....	8
2.2. Landasan Teori	12
2.2.1. Proses Pertumbuhan Gurami	12
2.2.2. Pertumbuhan Kangkung.....	12
2.2.3. Arduino Uno (ATMega328).....	13
2.2.4. Ultrasonic Sensor HC SR-04.....	14

2.2.5.	Module pH Meter Sensor	16
2.2.6.	Pompa (Waterpump).....	17
2.2.7.	NodeMCU ESP8266	18
2.2.8.	Metode Fuzzy Logic	19
2.2.8.1.	Fuzzy Logic	19
2.2.8.2.	Himpunan Fuzzy	21
2.2.8.3.	Fungsi Keanggotaan.....	25
2.2.8.4.	Operasi Himpunan Fuzzy Menggunakan Operator Dasar Zadeh	28
2.2.8.5.	Sistem Inferensi Fuzzy	29
BAB III.....		35
KONSEP RANCANGAN		35
3.1.	Desain Penelitian	35
3.1.1.	Pengumpulan Data	35
3.1.1.1.	Data Primer	35
3.1.1.2.	Data Sekunder	36
3.1.1.2.1.	Kondisi Ikan.....	36
3.1.1.2.2.	Kualitas Air	37
3.1.2.	Desain Sistem.....	37
3.1.2.1.	Hardware System.....	40
3.1.2.1.1.	Arduino Uno (ATMega328)	40
3.1.2.1.2.	Module pH Meter Sensor.....	40
3.1.2.1.3.	HCSR04 Sensor	40
3.1.2.1.4.	Solenoid Valve	41
3.1.2.1.5.	Pump.....	41
3.1.2.2.	Software System.....	42

3.1.2.2.1.	Sistem Operasi Windows 10 64-bit.....	42
3.1.2.2.2.	Arduino IDE.....	42
3.1.2.2.3.	R Studio	43
3.1.3.	Pemrograman <i>Fuzzy Logic Control</i>	43
3.1.3.1.	Fuzzifikasi.....	44
3.1.3.2.	Rule Base	49
3.1.3.3.	Defuzzifikasi	53
3.2.	Perancangan Frame Alat (Aquaponik).....	56
3.3.	Rangkaian Komponen.....	56
3.4.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	57
3.4.1.	Pembenihan Gurami	57
3.4.2.	Perawatan	57
3.4.3.	Pengamatan	57
3.4.4.	Pengambilan Data.....	58
3.5.	Rencana Pengujian Sistem	58
BAB IV	.....	61
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	.....	61
4.1.	Hasil Pengujian.....	61
4.1.1.	Pengujian Alat	61
4.1.1.1.	Pengujian Sensor pH (Module pH Meter Sensor) dengan pH Meter	61
4.1.1.2.	Pengujian Sensor Ultrasonic (HCSR-04) dengan Penggaris ...	64
4.1.1.3.	Pengujian Pompa Air	67
4.1.2.	Pengujian Sistem	68
4.1.2.1.	Pengujian Mikrokontroler dengan R Studio	68
4.2.	Pembahasan	71

4.2.1.	Perhitungan <i>Fuzzy Logic</i>	71
4.2.1.1.	Perhitungan Metode Fuzzy Logic Control.....	71
4.2.1.2.	Source Code Mikrokontroler.....	80
4.2.2.	Sistem Hardware	85
4.2.2.1.	Rangkaian Sistem	85
4.2.2.2.	NodeMCU ESP8266.....	87
4.2.3.	Sistem Interface	87
4.2.3.1.	Dashboard	88
4.2.3.2.	Halaman Fuzzy Logic	89
4.2.4.	Sistem Aquaponik.....	89
4.3.	Integrasi Islam	92
BAB V	.....	98
PENUTUP	.....	98
5.1.	Kesimpulan.....	98
5.2.	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	.....	100
LAMPIRAN	.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Uno ATmega328	13
Gambar 2. 2 Pin Map Arduino	13
Gambar 2. 3 <i>Timing Diagram.Ultrasonic HCSR-04</i>	15
Gambar 2. 4 <i>Sensor Ultrasonik HC-SR04</i>	15
Gambar 2. 5 pH Meter Sensor	16
Gambar 2. 6 mini pump DC 3-12V micro gear.....	18
Gambar 2. 7 NodeMCU ESP8266.....	19
Gambar 2. 8 Perbedaan <i>Boolean Logic</i> dan <i>Fuzzy Logic</i>	20
Gambar 2. 9 Himpunan pada Umur.....	21
Gambar 2. 10 Umur pada Himpunan <i>Fuzzy</i>	23
Gambar 2. 11 Representas Linear Naik	25
Gambar 2. 12 Kurva Segitiga	26
Gambar 2. 13 Kurva Trapesium	27
Gambar 2. 14 Kurva dengan Bentuk Bahu	28
Gambar 2. 15 Proses Fuzzifikasi	33
Gambar 3. 1 Desain Sistem	38
Gambar 3. 2 Alur Kontrol pH.....	39
Gambar 3. 3 Alur proses <i>Fuzzy Logic</i>	43
Gambar 3. 4 Membership Function pH	44
Gambar 3. 5 Membership Distance	46
Gambar 3. 6 Membership Function Timer Katup Asam	48
Gambar 3. 7 Membership Function Timer Katup Basa	49
Gambar 3. 8 Metode <i>Defuzzifikasi</i> pada Aturan Mamdani	54
Gambar 3. 9 Rumus <i>Centroid Defuzzifikasi</i>	55
Gambar 3. 10 Perancangan Aquaponik.....	56
Gambar 3. 11 Rangkaian Komponen.....	57
Gambar 4. 1 Sampel Larutan.....	62
Gambar 4. 2 Grafik Uji Coba Sensor pH.....	64
Gambar 4. 3 Grafik Uji Coba Sensor <i>Ultrasonic HCSR04</i>	66

Gambar 4. 4 Membership Function Distance.....	72
Gambar 4. 5 Membership Function pH	73
Gambar 4. 6 Luas Daerah dan Momentum	75
Gambar 4. 7 Dimensi Fuzzy Logic Output Katup Asam.....	79
Gambar 4. 8 Dimensi Fuzzy Logic Output Katup Basa	79
Gambar 4. 9 Rangkaian Sistem	86
Gambar 4. 10 Rangkaian <i>NodeMCU</i>	87
Gambar 4. 11 Tampilan Dashboard.....	88
Gambar 4. 12 Halaman Fuzzy Logic	89
Gambar 4. 13 Rangkaian Sistem Aquaponik	90
Gambar 4. 14 Sensor <i>Ultrasonic</i> pada Akuarium.....	90
Gambar 4. 15 <i>Module pH Meter Sensor</i> pada Air Akuarium	91
Gambar 4. 16 Katup Pengaturan pH.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno (ATMega16)	14
Tabel 2. 2 Spesifikasi <i>Ultrasonic HC-SR04</i>	16
Tabel 2. 3 Spesifikasi pH Signal.....	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Probe pH	17
Tabel 2. 5 Spesifikasi Waterump.....	18
Tabel 2. 6 Spesifikasi ModeMCU	19
Tabel 3. 1 Tabel Rule Base	49
Tabel 3. 2 Rancangan Kalibrasi Sensor pH.....	58
Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor <i>Ultrasonic</i>	59
Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Logika <i>Fuzzy</i>	60
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH (Manual) dengan Module pH Meter Sensor.....	62
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Ultrasonic (HCSR-04) dengan Penggaris	64
Tabel 4. 3 Laju Selenoid Valve 5V.....	67
Tabel 4. 4 Pengujian Mikrokontroler dengan RStudio (Katup Asam)	68
Tabel 4. 5 Pengujian Mikrokontroler dengan RStudio (Katup Basa).....	70
Tabel 4. 6 Perhitungan Fuzzy Rule.....	74

ABSTRAK

Kinasih, Kurnia Siwi. 2021. **Implementasi Sistem Pengaturan pH Otomatis Terhadap Air Akuarium Ikan Gurami dengan Media Aquaponik Menggunakan *Fuzzy Logic Control***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T., (II) Fatchurrochman, M.Kom.

Kata Kunci: *Fuzzy Logic Control, Internet of Things, Arduino, Aquaponik*

Internet of Things merupakan salah satu hasil dari perkembangan teknologi dimasa sekarang. Indonesia memiliki kekayaan alam yang melimpah, salah satunya dalam bidang pertanian dan perikanan. Salah satu strategi adalah sistem budidaya ikan yang dipadukan dengan budidaya tanaman atau disebut “Aquaponik”. Dalam aquakultur ini pengaruh kualitas air yang dibutuhkan ikan memiliki peran yang sangat penting terutama kadar *potential of Hydrogen* (pH). Dengan adanya sistem penyesuaian pH berbasis *Internet of Things* akan mempermudah pembudidaya dalam pengawasan serta pengontrolan secara langsung.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler *Arduino* serta *NodeMCU*, dan menggunakan sensor *pH meter* serta sensor *HCSR-04*. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Logic Control*. Perhitungan metode *fuzzy* dilakukan menggunakan dua parameter *input* yaitu ketinggian air dan pH air akuarium. Output dari hasil perhitungan *fuzzy* berupa *timer*, yaitu lama waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan cairan asam dan basa.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sistem penyesuaian pH otomatis berhasil dibangun dengan diakses melalui web. Pengujian pada sensor *HCSR04 (ultrasonic)* yang memiliki *error* sebesar 1.68% dan pengujian *pH Meter Sensor* memiliki *error* sebesar 3.67%. Pengujian perhitungan metode dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan *Fuzzy Logic Control* dengan hasil perhitungan RStudio. Dari hasil perbandingan didapatkan rata-rata *error* katup asam sebesar 2.6209% dan rata-rata *error* katup basa sebesar 2.21145%.

ABSTRACT

Kinasih, Kurnia Siwi. 2021. **Implementation of an Automatic pH Control System for Gourami Aquarium Water with Aquaponic Media Using Fuzzy Logic Control.** Undergraduate Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor : (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T., (II) Fatchurrochman, M.Kom.

Keywords : *Fuzzy Logic Control, Internet of Things, Arduino, Aquaponic*

The development of technology in automation is currently developing very rapidly. Internet of Things (IoT) is one of the results of today's technological developments. Indonesia has abundant natural resources, one of which is in agriculture and fisheries. One strategy is through a fish farming system (Aquaculture) combined with plant cultivation (Hydroponics) or called "Aquaponics". In aquaculture, the influence of water quality needed by fish has a very important role, especially the potential of Hydrogen (pH). With the Internet of Things (IoT) based pH adjustment system, it will make it easier for farmers to directly supervise and control.

The research was conducted using a microcontroller in the form of Arduino and NodeMCU, and using a pH meter sensor and a HCSR-04 sensor. This research uses *Fuzzy Logic Control* method. The calculation of the *fuzzy* method is carried out using two input parameters, namely the water level and the pH of the aquarium water. The output of the *fuzzy* calculation results is in the form of a timer, which is the length of time it takes to remove acids and alkalis.

Based on the research that has been carried out, an automatic pH adjustment system was successfully built accessible via the web. Testing on the HCSR04 (ultrasonic) sensor has an error of 1.68% and the pH Meter Sensor test has an error of 3.67%. The method calculation test is done by comparing the calculation results of the *Fuzzy Logic Control* method with the calculation results from RStudio. From the comparison results obtained an average acid valve error of 2.6209% and an average error valve base of 2.21145%.

الملخص

كناسية . كورنيا سيوي. ٢٠٢١. تنفيذ نظام الضبط التلقائي لدرجة الحموضة في مياه الحوض Gouramy بوسائط Aquaponic باستخدام مراقبة Fuzzy Logic. قسم هندسة المعلوماتية لكلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانق. المشرف : (١) دكتور محمد فيصل شهادة هندسة. (٢) فانتشوراهمان ماجيستر كومبيوتر.

الكلمات الرئيسية : مراقبة Fuzzy Logic ، انترنت الأشياء ، Arduino ، Aquaponic

إنترنت الأشياء هو أحد نتائج التطورات التكنولوجية اليوم. إندونيسيا لديها موارد طبيعية وفيرة ، أحدها في الزراعة ومصايد الأسماك. إحدى الاستراتيجيات هي نظام تربية الأسماك مقترن بزراعة النباتات أو يسمى "Aquaponics". في تربية الأحياء المائية ، يلعب تأثير جودة المياه التي تحتاجها الأسماك دورًا مهمًا للغاية ، خاصةً إمكانات الهيدروجين (pH). مع نظام تعديل الأس الهيدروجيني المستند إلى إنترنت الأشياء ، سيسهل على المزارعين الإشراف والتحكم بشكل مباشر.

تم إجراء البحث باستخدام متحكم Arduino و NodeMCU ، وباستخدام مستشعر مقياس الأس الهيدروجيني ومستشعر HCSR-04. يستخدم هذا البحث طريقة التحكم المنطق الضبابي. يتم حساب الطريقة الضبابية باستخدام معلمتين إدخال ، وهما مستوى الماء ودرجة الحموضة في ماء الحوض. يكون ناتج نتائج الحساب الغامض على شكل مؤقت ، وهو طول الوقت المستغرق لإزالة السوائل الحمضية والقلوية.

بناءً على البحث الذي تم إجراؤه ، تم بنجاح بناء نظام ضبط تلقائي للأس الهيدروجيني يمكن الوصول إليه عبر الويب. الاختبار على مستشعر HCSR-04 (فوق الصوتي) به خطأ ١,٨٦٪. واختبار مستشعر مقياس الأس الهيدروجيني به خطأ ٣,٦٧٪. يتم إجراء طريقة اختبار الحساب من خلال مقارنة نتائج حساب طريقة التحكم المنطقي الضبابي بنتائج الحساب من RStudio. من نتائج المقارنة تم الحصول على متوسط خطأ في الصمام الحمضي بنسبة ٢,٦٢٠٩٪ وقاعدة خطأ في الصمام متوسط بنسبة ٢,٢١١٤٥٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Era saat ini teknologi telah berkembang dengan sangat pesat. Salah satunya adalah pada bidang ilmu kecerdasan buatan yang biasa disebut Intelligent Control System yang saat ini sedang dikembangkan untuk mempermudah kehidupan di masa yang akan datang. Teknologi yang dikembangkan ini diharapkan dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas dalam berbagai bidang, seperti dalam bidang kesehatan, pendidikan, industri, sektor pertanian dan lain sebagainya.

Kekayaan alam di negara Indonesia sangat berlimpah. Iklim tropis di Indonesia yang memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Indonesia juga mendapat penyinaran matahari secara penuh sepanjang tahun. Beragam jenis tanaman dapat tumbuh dengan subur di Indonesia. Beragam buah, sayur, umbi, dan kacang-kacangan. Tidak hanya itu, Indonesia juga termasuk negara maritim yang memiliki luas perairan lebih besar daripada daratan yaitu 3,25 juta km² lautan dari luas seluruh wilayah di Indonesia yaitu 7,81 juta km². Hal ini menjadikan Indonesia unggul dalam sektor pertanian dan perikanan (Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut, 2020).

Perubahan iklim akibat dari pemanasan global (Global Warming) yang terjadi saat ini memberikan dampak pada penurunan kualitas lingkungan yang secara langsung berakibat pada hasil sumber daya pangan. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2018) memaparkan bahwa sumber daya air

menurun secara signifikan dengan terjadinya penurunan debit air secara terus-menerus. Hal ini didukung dengan semakin sempitnya luas lahan khususnya di daerah perkotaan. Hal ini tentu saja memiliki dampak negatif terhadap penurunan produktifitas pangan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemanfaatan secara optimal dalam bidang pertanian maupun perikanan guna mencukupi kebutuhan pangan di tengah permasalahan keterbatasan lahan dan sumberdaya air.

Salah satu strategi adalah dengan melalui sistem budidaya ikan (Aquakultur) yang dipadukan dengan budidaya tanaman (Hydroponik) atau disebut “Aquaponik”. Pada sistem aquaponik ini dapat menghasilkan dua komoditas sekaligus, yaitu dapat berupa ikan dan sayuran. Dengan menggunakan sistem ini, budidaya ikan akan didukung oleh sistem yang berada di atasnya yaitu tanaman. Unsur hara dengan konsentrasi tinggi yang terdapat dalam kotoran ikan dapat secara langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini menghasilkan simbiosis mutualisme diantara keduanya. Dimana tanaman dan media tanaman akan menyaring air untuk mempertahankan kualitas air kolam sehingga akan tetap baik untuk mendorong pertumbuhan ikan.

Dalam aquakultur ini pengaruh kualitas air yang dibutuhkan ikan memiliki peran yang sangat penting. Sehingga pemeliharaan terhadap parameter kualitas air pada ikan mutlak dilakukan oleh pembudidaya. Parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi kondisi ikan adalah kadar *potential of Hydrogen* (pH). Dalam budidaya ikan pengontrolan kadar *potential of Hydrogen* (pH) tetap stabil bertujuan untuk memelihara dan memastikan bahwa setiap ikan dalam keadaan baik.

Kehidupan setiap makhluk harus selalu dijaga dan dipelihara dengan baik, hal tersebut dijelaskan dalam Al-Quran Surat Al-Maidah ayat 32 yang berbunyi :

مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَىٰ بَنِي إِسْرَائِيلَ أَنَّهُ مَن قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ
فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ النَّاسَ جَمِيعًا وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا
النَّاسَ جَمِيعًا وَلَقَدْ جَاءَتْهُمْ رُسُلُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنَّ كَثِيرًا مِّنْهُمْ بَعْدَ
ذَلِكَ فِي الْأَرْضِ لَمُسْرِفُونَ

Terjemahan dari ayat diatas yaitu “Oleh karena itu Kami tetapkan (suatu hukum) bagi Bani Israil, bahwa barangsiapa membunuh seseorang, bukan karena orang itu membunuh orang lain, atau bukan karena berbuat kerusakan di bumi, maka seakan-akan dia telah membunuh semua manusia. Barangsiapa memelihara kehidupan seorang manusia, maka seakan-akan dia telah memelihara kehidupan semua manusia. Sesungguhnya Rasul Kami telah datang kepada mereka dengan (membawa) keterangan-keterangan yang jelas. Tetapi kemudian banyak di antara mereka setelah itu melampaui batas di bumi”.

Dalam penelitian ini berdasarkan ayat di atas memiliki kesesuaian bahwa kita sebagai makhluk hidup harus memelihara kehidupan makhluk hidup yang lain. Dalam memelihara ikan wajib bagi pembudidaya untuk menjaga kehidupan nya. Baik dengan cara memberi makan maupun memastikan bahwa kondisi tempat tinggalnya tetap dalam keadaan yang baik.

Penerapan pembudidaya dalam hal pemeliharaan dilakukan dengan proses identifikasi kadar *potential of Hydrogen* (pH) secara manual. Hal ini tentu saja kurang efektif dan efisien mengingat banyaknya tenaga dan waktu yang diperlukan.

Pengukuran tingkat asam dan basa pada air sangat penting dilakukan terutama dalam sistem aquaponik yang melibatkan 3 komponen utama yaitu ikan, tanaman dan bakteri.

Pertumbuhan pada bidang teknologi otomatisasi pada fitur yang saat ini sudah tumbuh sangat pesat. Pertumbuhan otomatisasi berdampak sangat baik jika dilihat dari perkembangan pada sektor pertanian di Indonesia saat ini (Statistik Pertanian, 2018). Kemajuan teknologi yang saat ini berkembang pesat adalah penggunaan *Internet Of Things (IOT)*. *Internet Of Things (IOT)* adalah jaringan yang terhubung, dengan melalui sensor pintar segala sesuatu akan terhubung secara nirkabel. *Internet Of Things (IOT)* ini dalam sistemnya mengacu pada jenis jaringan untuk menghubungkan segala sesuatu dengan Internet sesuai dengan protokol yang ditetapkan sehingga mampu melakukan pertukaran informasi dan komunikasi melalui peralatan penginderaan informasi. Untuk memonitoring, penentuan posisi, pelacakan, pemantauan, dan administrasi (Patel & Patel, 2016). Salah satunya adalah penyesuaian kadar *potential of Hydrogen (pH)* air otomatis berbasis *Internet Of Things (IOT)*. Penyesuaian kadar *potential of Hydrogen (pH)* air otomatis akan mempermudah pembudidaya dalam mengembangkan budidaya menggunakan sistem aquaponik untuk menjaga kadar *potential of Hydrogen (pH)* air agar tetap stabil sesuai yang diperlukan oleh ikan.

Selain dengan memberikan cakupan nutrisi yang cukup terhadap ikan, budidaya ikan dalam sistem aquaponik juga sangat bergantung pada kondisi *potential of Hydrogen (pH)* air. Kondisi air yang tidak diperhatikan akan berdampak buruk bagi kondisi ikan di dalamnya. Terlebih lagi dalam sistem

aquaponik yang nantinya dimanfaatkan secara langsung untuk pertumbuhan tanaman.

Fuzzy logic adalah suatu metode yang berhasil dikembangkan oleh Zadeh di tahun 1965 dengan awal mula ide himpunan *fuzzy set*. *Fuzzy* dikatakan sebagai cabang ilmu matematika yang paling tua, himpunannya mempelajari bilangan-bilangan random seperti teori informasi, statistik matematik, teori probabilitas dan lain sebagainya. Di dalam perkembangan ilmu matematika khususnya matematika himpunan, *fuzzy* memiliki peranan yang sangat penting. Hingga saat ini, matematikawan selalu mempelajari, menerapkan hingga mengembangkan yang berhubungan dengan teori himpunan. *Fuzzy* dapat diartikan sesuatu yang tidak jelas atau dalam kata lain ketidakpastian. Suatu permasalahan dapat diselesaikan dengan lebih mudah dengan himpunan *fuzzy* daripada dengan menggunakan teori probabilitas atau biasa disebut konsep pengukuran (Sudradjat, 2008).

Perdasarkan permasalahan di atas, penulis mempunyai gagasan untuk membuat suatu alat penyesuaian kadar *potential of Hydrogen* (pH) dalam budidaya ikan gurami pada sistem aquaponik secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Pembuatan alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat terutama pembudidaya dalam mengatasi permasalahan dan dapat menjadi langkah awal menuju kemandirian pangan bangsa.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjabaran pada latar belakang yang sudah ada, maka dapat diambil suatu masalah tentang bagaimana cara mengatur pH air secara otomatis

sehingga sesuai dengan kebutuhan ikan gurami pada sistem aquaponik menggunakan *Fuzzy Logic Control Method*.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari paparan masalah yang ada, pada penelitian ini ditujukan agar bisa mencapai suatu tujuan yaitu untuk mengukur akurasi pengambilan keputusan penyesuaian kadar *potential of Hydrogen* (pH) sesuai kebutuhan ikan pada sistem aquaponik menggunakan metode *fuzzy logic control*.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan penjabaran diatas. Diketahui batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut :

- Perancangan pada sistem ini hanya terfokus pada budidaya ikan (Aquakultur) pada sistem Aquaponik.
- Penelitian ini terfokus pada pengendalian kadar *potential of Hydrogen* (pH) sesuai kebutuhan ikan pada sistem Aquaponik.
- Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan data selama 3 minggu.
- Pengujian dilakukan dengan objek pendukung berupa ikan gurami berusia 4-5 bulan.
- Menggunakan pH Up dengan komposisi 10% *Potassium Hydroksida*, 90% *Destiled pure water* dan menggunakan pH Down dengan komposisi 10% *Phosporic Acid*, 90% *Destiled pure water*.
- Tidak membahas tentang teknik Aquakultur lebih lanjut.
- Tidak membahas tentang teknik Aquaponik lebih lanjut.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penelitian ini ditujukan untuk mempermudah pembudidaya ikan gurami dalam pengendalian kadar *potential of Hydrogen* (pH) secara otomatis sesuai kebutuhan ikan.
- Penelitian ini ditujukan untuk membantu masyarakat kota dalam mengatasi keterbatasan luas lahan pekarangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian yang telah dilakukan Zarazua, et al (2009), penelitian ini menggunakan ikan nila berusia tiga bulan sebagai objek penelitian. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data selama tiga bulan. Menggunakan sensor suhu dan sensor oksigen terlarut. Input set *fuzzy* dalam sistem ini adalah suhu dan oksigen terlarut. Nilai output akhir dari defuzzifikasi adalah persentase makan ikan yang harus disediakan dalam setiap waktu makan. Menggunakan MATLAB 6.5 sebagai softwarena. Output dalam penelitian ini adalah pembuatan sistem feeder atau pemberi makan ikan dengan menggunakan algoritma *Fuzzy logic control* dalam sistem akuakultur intensif.

Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy logic control* yang terdiri dari 4 bagian yaitu fuzzifikasi, mekanisme inferensi, basis aturan, dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi mengubah input pengontrol menjadi informasi yang mudah digunakan. Penelitian ini menggunakan ikan nila sebagai objek penelitiannya. Pengambilan data dilakukan selama 6 bulan dengan berat awal ikan 2 g hingga 418 g. *Fuzzy logic control* diterapkan pada sistem pemantauan dan sistem kontrol. Menggunakan teknologi ZigBee untuk komunikasi nirkabel. Pada penerapan *Fuzzy logic control*, variabel inputnya adalah kekeruhan, suhu, oksigen terlarut, pH, presentase pakan, dan senyawa nitrogen. Dalam penelitian ini diambil keputusan bahwa penggunaan teknologi menggunakan *Fuzzy logic control* dalam pengembangan sistem otomasi dapat meningkatkan proses produksi akuakultur. (Zarazua, et al., 2010).

Penelitian ini menggunakan jenis mikrokontroler yang AtMega, PIC, Raspberry pi + IOT, ARM LPC, Arduino, 8051, MSP430, dan TI CC3200. Sedangkan sensor yang digunakan penulis dalam pembuatan sistem monitoring kualitas air adalah fabricated buoy type sensor node, solar cell enabled sensors, sensor resistif pH film tebal TiO₂, dan sensor kekeruhan buatan. Penulis menggunakan 13 parameter monitoring yaitu pH, oksigen terlarut, potensi pengurangan oksidasi, suhu, kekeruhan, daya konduksi, sensor level air, sensing aliran, temperatur udara, kelembaban relatif, senyawa organik, konsentrasi klorin, dan klorofil. Output yang dihasilkan berupa kualitas air yang dikirimkan melalui internet dianalisis. Sistem ini juga memberikan fasilitas peringatan untuk memberitahu pengguna tentang penyimpangan parameter kualitas air dari set nilai standar yang ditentukan sebelumnya. (Geetha & Gouthami, 2017).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan daun bawang, peterseli, menggunakan limbah pacu dan kultur nila merah. Penelitian ini dilakukan dengan selama 35 hari. Penelitian ini menggunakan parameter kualitas air berupa suhu, pH, Amonia Nitrogen, Nitrite, Nitrate, Ortofosfat dan Alkalinitas yang menggunakan metode nitrasi. Dengan rata-rata suhu pada tangki ikan masing-masing 27,10 dan 27,14 ° C, dan rata-rata pH air dalam tangki ikan masing-masing 7,56 dan 7,47. Sedangkan amonia nitrogen, nitrit, nitrat, ortofosfat, dan alkalinitas masing-masing adalah 0,70 dan 0,43, 0,06 dan 0,04, 1,07 dan 0,99, 9,42 dan 8,89, serta 54,00 dan 51,14 mg L⁻¹. Penulis menggunakan filter sedimentasi mekanis (tangki kerucut dengan volume 100 L, tinggi 62 cm), filter biologis (tangki segi empat dengan volume 60 L, tinggi 35 cm, dan area bawah 0,23 m²) yang digunakan selama 30

hari untuk pembentukan bakteri nitrifikasi. Dalam penelitiannya, penulis menjelaskan bahwa ikan nila dan pacu memiliki tingkat pertumbuhan yang sama baik produktivitas maupun kelangsungan hidup ikan. Namun dalam hal rasio konversi pakan (FCR) ikan nila memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pacu. (Pinho, et al., 2017).

Dalam penelitian ini Kyaw & Ng (2017) menggunakan lima jenis sensor yaitu : Sensor suhu yang digunakan untuk mengukur suhu air dalam tangki ikan, sensor laju aliran air yang digunakan untuk mengukur laju aliran air dari tangki ikan, sensor cahaya yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lingkungan, sensor level pH yang digunakan untuk mendeteksi nilai pH air dalam tangki ikan. Dan sensor ultrasonic untuk mengukur tinggi tanaman. Menggunakan unit alarm yang terdiri dari lampu LED hijau sebagai tanda bahwa sistem dalam keadaan sehat, lampu LED merah dan bel sebagai tanda bahwa sistem dalam keadaan tidak sehat. Menggunakan mikrokontroler Arduino Mega, perisai Grove-Mega, papan relay, Raspberry Pi 3 model B mikroprosesor, modul kamera, modul Bluetooth dan modul Wifi bawaan. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan selama 28 hari dengan objek penelitian berupa ikan nila dan tanaman bayam. Output penelitian ini yaitu sistem secara otomatis mengirim peringatan dini dalam bentuk email, SMS, dan pemberitahuan push mengenai pemantauan dan pengontrolan kualitas air, intensitas cahaya, dan pakan ikan.

Dalam penelitian ini Gaoa, et al (2019) menggunakan 6 jenis sensor dalam penentuan kualitas air yaitu : level air, sensor suhu air (DS18B20), sensor pH (Shanghai Leici, Model E-201-C), sensor oksigen terlarut (YHT-8402), sensor

konduktivitas listrik air (TDS) dan sensor kekeruhan air (Water WT-RCOT). Penulis menggunakan ikan mas Asia dan ikan rainbow trout sebagai objek penelitian. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan dengan pencatatan data setiap hari pada jam 6:00, 9:00, 16:00 dan 22:00. Output dalam penelitian ini adalah terciptanya pemantauan kualitas air sebagai suatu sistem cerdas secara real-time untuk budidaya ikan serta pelacakan produk akuatik dengan menggunakan kode QR pada ikan.

Berdasarkan beberapa penelitian terkait di atas, penelitian yang sudah ada sebelumnya tidak digunakan dalam sistem aquaponik, hanya pada akuakultur saja, sehingga air yang digunakan hanya air tunggal tanpa ada campur tangan tumbuhan di dalamnya. Dalam penelitian ini sistem diterapkan pada sistem aquaponik, dimana dalam sistem ini, air pada kolam ikan akan dimanfaatkan tumbuhan yang kemudian air pada tumbuhan akan kembali lagi pada air kolam ikan. Selain itu, sistem aquaponik yang digunakan berbasis dutch bucket. Penelitian ini menggunakan tambahan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik diterapkan pada pengontrolan *potential of Hydrogen* (pH) air, dimana sensor ultrasonik diletakkan di atas akuarium guna mendeteksi volume air yang nantinya dapat mempengaruhi kadar *potential of Hydrogen* (pH). Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic control* yang diterapkan dalam penyesuaian kadar *potential of Hydrogen* (pH) sehingga sistem mampu sehingga sistem mampu untuk melakukan perhitungan otomatis.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Proses Pertumbuhan Gurami

Dalam Leaflet Analisa Usaha Pembesaran Ikan Gurami Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2012) memaparkan bahwa Ikan Gurami yang masuk ke dalam family Anabantidae ini adalah ikan asli Indonesia yang dianggap sebagai salah satu ikan bergengsi yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan biasanya disajikan pada acara-acara penting. Pertumbuhan ikan gurami tergolong agak lambat namun harga jualnya relative meningkat setiap saat.

Faktor yang perlu diperhatikan adalah kualitas air kolam/ lingkungan. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar Sukabumi DJPB KKP menjelaskan bahwa ikan gurami membutuhkan kualitas air yang cukup stabil dikarenakan kondisi air yang relatif tidak stabil dapat mengakibatkan terganggunya kondisi kesehatan ikan gurami sehingga ikan akan mudah terserang penyakit yang dapat ditandai dengan ekor yang berubah warna menjadi hitam, ikan berkumpul di permukaan, dan nafsu makan ikan menjadi berkurang.

2.2.2. Pertumbuhan Kangkung

Kangkung merupakan salah satu tanaman yang cukup dikenal oleh masyarakat Indonesia. Kangkung atau bisa juga dikenal dengan nama “water spinach”, “swamp cabbage” dan “water convolvulus” ini memiliki kandungan yang cukup baik untuk kesehatan, diantaranya kangkung mengandung vitamin A, kalsium, zat besi dan protein. Temperatur ideal yang diperlukan kangkung berkisar 25 – 30°C, sedangkan pada suhu dibawah 10°C tanaman kangkung akan rusak (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, 2015). Pertumbuhan kangkung

pada sistem aquaponik akan bergantung pada unsur hara dengan konsentrasi tinggi yang terdapat dalam kotoran ikan pada sistem yang berada di bawahnya.

2.2.3. Arduino Uno (ATMega328)

Arduino UNO merupakan board mikrokontroler yang berbasis ATMega328. Arduino mampu mengontrol rangkaian elektronik yang pada umumnya dapat menyimpan program serta open source. Bagian-bagian penting dalam Arduino Uni diantanya adalah I/O, IC (Integrated Circuit), Analog to Digital Converte (ADC), dan memori.



Gambar 2. 1 Arduino Uno ATMega328

Sumber : <https://www.caratekno.com/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler/>

ATMEGA16 as ARDUINO (GELATINO)			
(XCK/T0) PB0	1 0	31/A0	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2 1	30/A1	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3 2	29/A2	PA2 (ADC2)
PWM (OC0/AIN1) PB3	4 3	28/A3	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5 4	27/A4	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6 5	26/A5	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7 6	25/A6	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8 7	24/A7	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	23/29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	22/28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14 8	21/27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15 9	20/26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16 10	19/25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17 11	18/24	PC2 (TCK)
PWM (OC1B) PD4	18 12	17/23	PC1 (SDA)
PWM (OC1A) PD5	19 13	16/22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20 14	15/21	PD7 (OC2) PWM

Gambar 2. 2 Pin Map Arduino

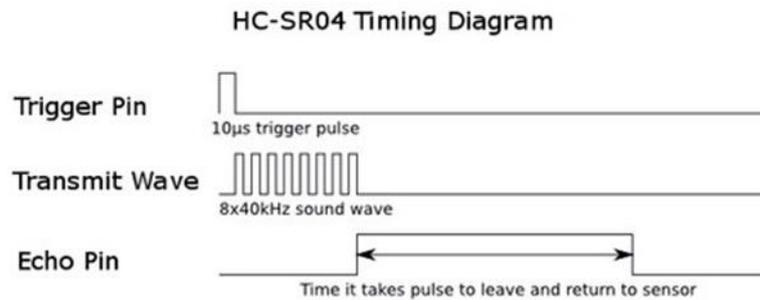
Sumber : <https://akuarduino.blogspot.com/>

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno (ATMega16)

Parameter	Keterangan
Chip mikrokontroler	Atmega16
Tegangan Operasi	5V
Tegangan input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan input (limit)	6-20V
Digital I/O pin	14 pin digital (6 diantaranya PWM)
Analog input pin	6 pin
Arus DC per pin I/O	40mA
Arus DC pin 3.3V	50mA
Memory flash	32 KB (Atmega16)
SRAM	2 KB (Atmega16)
EEPROM	1 KB (ATMega16)
Clock speed	16 MHz
Dimensi	68.6 mm x 53.4 mm
Berat	25g

2.2.4. Ultrasonic Sensor HC SR-04

HCSR-04 merupakan sensor yang mempunyai empat pin dalam penggunaannya. Terdapat dua pin yang dipakai sebagai daya yaitu GND dan VCC dan 2 pin yang lainnya adalah pin ECHO dan pin TRIGGER. Sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai pengukur jarak pada radius tertentu dikarenakan cara kerjanya yang memantulkan gelombang kemudian pantulan gelombang tersebut diterima kembali. Pin Trigger berfungsi sebagai pengeluar sinyal, sedangkan untuk pin ECHO digunakan untuk menangkap sinyal kembalian. Sensor ultrasonik dapat menjangkau jarak sejauh 2cm hingga 400 cm, dan jangkauan sudutnya kurang lebih 15 derajat. Di bawah ini merupakan timing diagram sensor HCSR-04.



Gambar 2. 3 *Timing Diagram Ultrasonic HCSR-04*

Sumber : https://www.researchgate.net/figure/RC-servo-positioning-4_fig2_270214601

HCSR-04 dapat dihitung dengan persamaan $S = 340.t/2$. Nilai t adalah nilai pembacaan yang dihasilkan dari sensor. Output dalam proses ini memiliki satuan centimeter (cm). Pada gambar 2.4 dibawah ini adalah gambar dari sensor dan spesifikasi dari *sensor ultrasonic HC-SR04* pada tabel 2.2.



Gambar 2. 4 *Sensor Ultrasonik HC-SR04*

Sumber : <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Ultrasonic HC-SR04*

Parameter	Keterangan
Tegangan	5.0 V
Konsumsi arus	15 mA
Frekuensi	40 KHz
Jarak Minimum	0.02 m (2 cm)
Jarak Maksimum	4 m
Sudut pantul gelombang pengukuran	15 derajat
Minimum waktu penyulutan	10 mikrodetik dengan pulsa berlevel TTL
Pulsa deteksi	Berlevel TTL dengan durasi yang bersesuaian dengan jarak deteksi
Dimensi	20 x 15 mm

2.2.5. Module pH Meter Sensor

Modul ini merupakan modul yang digunakan untuk menangkap sinyal inputan berupa data pH meter suatu cairan. Modul ini memang difungsikan pada berbagai pengaplikasian seperti aquaponik, hidroponik dan lain-lain. Berikut merupakan gambar dan spesifikasi dari modul pH Meter Sensor.



Gambar 2. 5 pH Meter Sensor

Sumber <https://www.techtonics.in/ph-sensor-module-and-ph-electrode-probe-kit>

Tabel 2. 3 Spesifikasi pH Signal

Parameter	Keterangan
Tingkat akurasi dalam pengukuran	± 0.1 (suhu pengujian 25°C)
Konektor probe	BNC
Output tegangan analog	0 - 3.0V
Tegangan	3.3 - 5.5V
Dimensi board	42mm x 32mm
Sinyal Konektor	PH2.0-3P

Tabel 2. 4 Spesifikasi Probe pH

Parameter	Keterangan
Range deteksi pH	0 - 14
Suhu	5 - 60 ° C
pH netral	pH 7 \pm 0,5
Waktu Respon	< 2 menit
Internal Resistance	< 250M Ω
Panjang kabel probe	1 meter
Lifetime pada Probe	> 0,5 thn (lihat penggunaan)

2.2.6. Pompa (Waterpump)

Pompa berfungsi sebagai penggerak cairan dari suatu tempat menuju ke tempat lainnya, cairan tersebut yaitu air dari wadah air akuarium yang langsung dialirkan menuju dutch bucket tanaman.



Gambar 2. 6 mini pump DC 3-12V micro gear

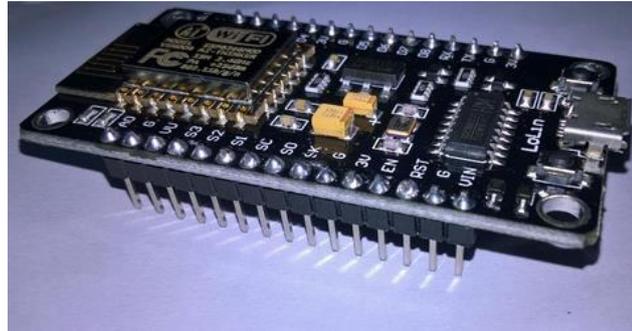
Sumber : <http://buaya-instrument.com/jual-mini-pump-dc-3-12v-micro-gear-pompa-air-untuk-robotic-0301000002.html>

Tabel 2. 5 Spesifikasi Waterump

Parameter	Keterangan
Tegangan	DC3-12V (Merah: +)
Diameter motor	27 MM
Diameter kepala pompa	44 MM
Total Panjang	60 MM
Laju alir	sekitar 1,2 liter / menit (tegangan 5V)
Keluar dari saluran masuk air	4 MM
12V head	1.5M
Berat	70g

2.2.7. NodeMCU ESP8266

ESP8266 yaitu sebuah board dimana board tersebut memiliki basis Lua yang merupakan modul dengan fitur wifi yang dilengkapi dengan port Micro USB sebagai pemberi daya (power supply) dan pemrograman.



Gambar 2. 7 NodeMCU ESP8266

Sumber : <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/27/memulai-pemrograman-nodemcu-esp8266-menggunakan-arduino-ide/>

Tabel 2. 6 Spesifikasi ModeMCU

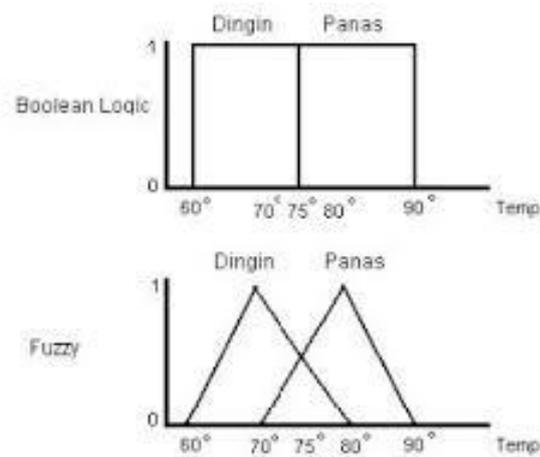
Parameter	Keterangan
Chip / Mikrokontroler	ESP8266-12E
GPIO	13 Pin
Tegangan Input	3.3 ~ 5V
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Kanal PWM	10 Kanal
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Clock Speed	40/26/24 MHz
Chip USB	CH340G
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz
Port USB	Micro USB

2.2.8. Metode Fuzzy Logic

2.2.8.1. Fuzzy Logic

Logika ini muncul karena disebabkan perbedaan dalam suatu problematika yang real atau nyata berdasar suatu hukum perhitungan matematik. Perlu adanya solusi dalam permasalahan tersebut dengan suatu metode baru. Dalam hal ini,

sistem *fuzzy* diciptaan karena metode ini dianggap memiliki tingkat ketelitian yang tinggi daripada *boolean logic*. Untuk mengetahui perbedaan antara *fuzzy logic* dengan *boolean logic* dapat dilihat melalui gambar 2.8 berikut ini..



Gambar 2. 8 Perbedaan *Boolean Logic* dan *Fuzzy Logic*

Sistem *fuzzy* muncul pada pertengahan tahun 1960 oleh Prof. Zadeh. Metode tersebut disebut juga logika tidak jelas. Dalam metode ini memiliki rentang antara 0 sampai dengan 1, diungkapkan kedalam bahasa linguistik, contohnya adalah pH yang memiliki besaran asam, normal, dan basa. Berikut ini dapat dijelaskan mengapa logika *fuzzy* dipakai menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

- a. *Logika Fuzzy* dapat memodelkan fungsi non-linear yang sangat kompleks.
- b. Konsep *Logika Fuzzy* sifatnya fleksibel dan mudah dimengerti karena *Logika Fuzzy* menggunakan konsep matematis yang sederhana.
- c. Terdapat toleransi terhadap data-data yang tidak tepat yang ditangani logika pada *fuzzy*.

2.2.8.2. Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan *fuzzy* memiliki himpunan bilangan *crisp* yang berbentuk tegas yang dapat dituliskan dengan persamaan $A[x]$. Dimana A dapat memiliki nilai 1 yang merupakan suatu anggota himpunan, atau A nilainya 0 yang berarti A bukan termasuk ke dalam anggota himpunan.

Contoh pada himpunan:

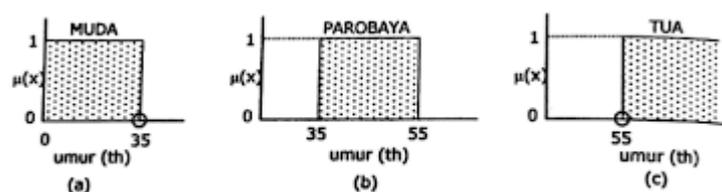
Pada variabel umur memiliki tiga kategori, yaitu

MUDA dikategori pada umur > 35 tahun

PAROBAYA pada kategori umur 35 - 55 tahun

TUA kategori dengan umur lebih dari 55 tahun

Dilihat dari kategori tersebut, maka dapat digambarkan himpunan keanggotaan MUDA, keanggotaan PAROBAYA, dan keanggotaan TUA seperti gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 Himpunan pada Umur
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Berdasarkan gambar grafik tersebut, maka dapat ditarik suatu kesimpulan berikut di bawah ini.

1. Contoh ada orang berumur 32 tahun, maka dapat diartikan bahwa dia adalah orang yang masih muda.

(MUDA[32]=1)

2. Tetapi ketika dia itu berumur 36 tahun, dia itu tidak lagi muda.

(MUDA[36]=0)

3. Saat dia itu berumur 35 akan tetapi masih kurang 2 hari, maka dapat diartikan dia sudah tidak lagi muda.

(MUDA[34 tahun – 2 hari]=0)

4. Saat orang itu berumur 36 tahun, maka dapat diartikan dia disebut sebagai orang parobaya.

(PAROBAYA[36]=1)

5. Saat dia berumur 33 tahun, tidak dapat diartikan bahwa dia sebagai orang yang tidak lagi parobaya.

(PAROBAYA[33]=0)

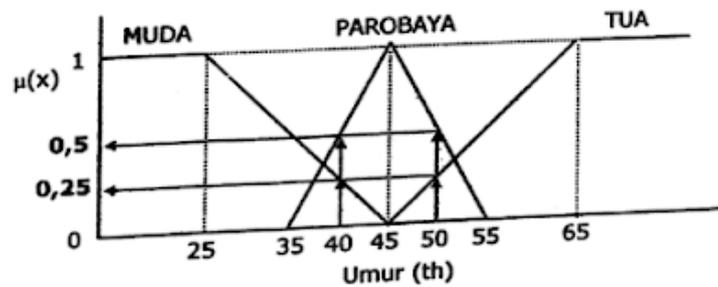
6. Saat dia itu berumur 35 tahun, dapat diartikan bahwa dia adalah seorang parobaya.

(PAROBAYA[35]=1)

7. Saat dia itu berumur 34 tahun masih kurang sehari , maka dapat diartikan dia sudah tidak lagi masuk keadaan parobaya.

(PAROBAYA[34 tahun – 1 hari]=0)

Dilihat dari contoh yang diuraikan di atas dapat dilihat bahwa dari beberapa perubahan di dalam nilai imbasnya sangatlah mempengaruhi maka selanjutnya ditarik kesimpulan bahwa pemakaian pada himpunan crisp masih belum sempurna atau belum adil. Untuk mengantisipasi hal tersebut solusinya adalah dengan menggunakan himpunan *fuzzy*. Contoh himpunan keanggotaan *fuzzy* umur dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 10 Umur pada Himpunan *Fuzzy*
 Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Pada gambar diatas, dapat diketahui ketika orang tersebut berusia 40 tahun maka seorang tersebut termasuk kedalam anggota himpunan muda dan parobaya. ($\mu_{\text{MUDA}}[40]=0.25$ dan ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[40]=0.5$).

Ketika orang tersebut berusia 50 tahun, dapat disimpulkan jika orang tersebut termasuk dalam keanggotaan himpunan tua dan anggota himpunan parobaya. ($\mu_{\text{TUA}}[50]=0.25$) dan ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[50]=0.5$).

Untuk dapat memahami lebih lanjut mengenai system pada *fuzzy*, maka perlu memperhatikan beberapa hal berikut ini.

a. Variabel *fuzzy*

Pada variabel *ini* yaitu variabel yang dibahas di dalam penelitian ini. Contoh variabel yang dipakai pada *fuzzy* ini adalah jarak ketinggian, pH, waktu, suhu.

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan di dalam *fuzzy* yang mewakili suatu objek dalam sistem pada variabel *fuzzy*.

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan suatu bilangan yang aan terus bertambah baik nilainya negatif ataupun positif. Terdapat operasi variabel *fuzzy* di dalam semesta pembicaraan, dan di semesta pembicaraan yang tidak memiliki suatu batasan.

d. Domain

Suatu domain dapat juga diartikan sebgai nilai real yang mewaili semesta pembicaraan. Pada himpunan *fuzzy*, dapat dilihat bahwa domain diperoleh ketika semua nilai pada semesta pembicaraan dioperasikan kedalam sistem *fuzzy*. Di bawah ini merupakan contoh dari domain pH.

asam = [0 6]

normal = [6 7]

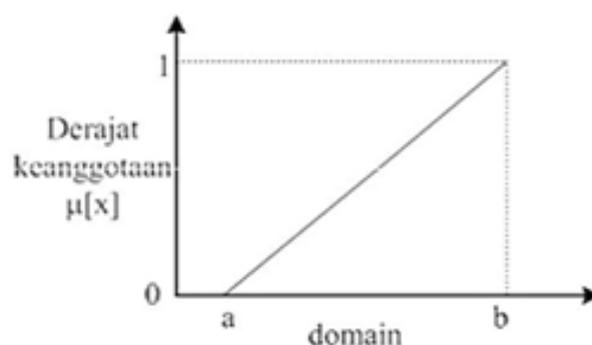
basa = [7 14]

2.2.8.3. Fungsi Keanggotaan

Membersip function atau yang dapat juga disebut sebagai fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini memiliki nilai rentang 0 sampai dengan 1 yang dapat diartikan sebagai kurva penentu titik-titik pemetaan dari input dalam derajat keanggotaan suatu domain. Untuk mendapatkan atau menentukan nilai dari derajat keanggotaan maka dilakukan suatu pendekatan yang dinamakan pendekatan fungsi. Di bawah ini merupakan suatu fungsi yang dipergunakan untuk mendapatkan suatu nilai derajat keanggotaan.

a. Bentuk Linear Naik

Representasi linear naik ini bentuknya sederhana dengan penggambaran garis lurus yang naik, dimana titik pertama dimulai dengan keanggotaan 0 yang merupakan titik awal kemudian bergerak ke kanan dengan nilai yang semakin tinggi. Di bawah ini adalah gambar dari representasi linear garis naik.



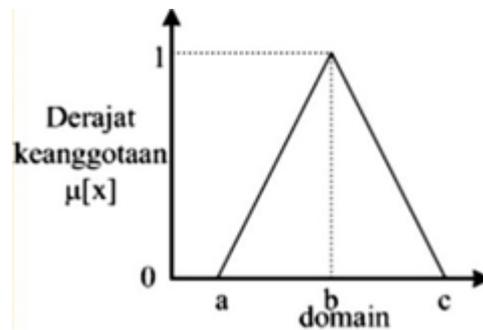
Gambar 2. 11 Representas Linear Naik
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Terdapat persamaan fungsi dari keanggotaan pada suatu kurva yang naik yaitu seperti berikut ini.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ 1 & , x > b \end{cases}$$

b. Bentuk Kurva Segitiga

Representasi kurva ini adalah penggabungan dari dua bentuk yang merupakan gabungan bentuk turun dan naik. Bentuk gambar kurva dengan representasi segitiga digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 2. 12 Kurva Segitiga
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

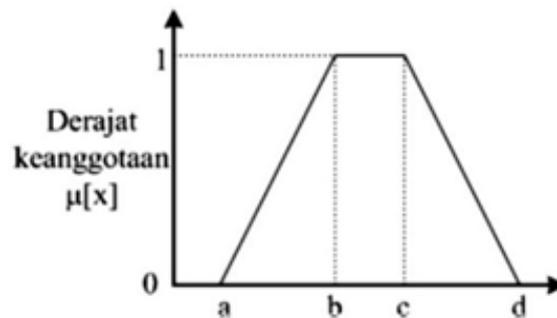
Terdapat persamaan dari *membership function* dengan bentuk segitiga yaitu sebagai berikut.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < a \text{ atau } x > c \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & , b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Bentuk Kurva Trapesium

Representasi pada bentuk kurva trapesium dapat dijelaskan bahwa kurva tersebut memiliki dua titik yang bernilai 1 serta penggabungan antara bentuk kurva segitiga dengan bentuk kurva garis tetap atau statis di tengah-

tengah segitiga. Berikut bentuk kurva dengan representasi trapesium dapat dilihat pada gambar berikut ini.



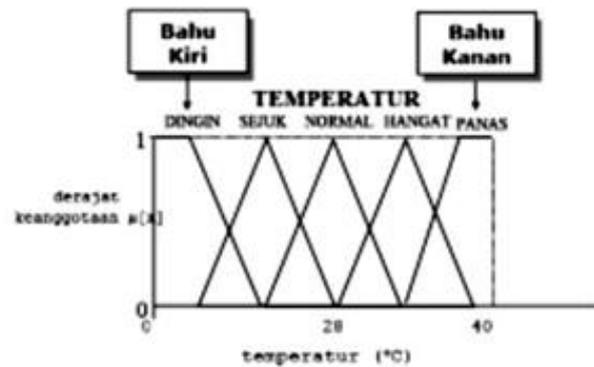
Gambar 2. 13 Kurva Trapesium
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Pada *membership function* diatas dengan kurva yang berbentuk trapesium mempunyai persamaan seperti dibawah ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < a \\ (x - a)/(b - a) & , a \leq x \leq b \\ 1 & , b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & , x > d \end{cases}$$

d. Bentuk Kurva Bahu

Bentuk pada kurva bahu dapat diartikan sebagai representasi linear dimana pada awal dan akhir memiliki nilai 1 secara stasis. Terdapat representasi bentuk segitiga juga pada bagian tengah representasi kurva bentuk bahu. Di bawah ini terdapat gambar representasi dari kurva yang berbentuk bahu.



Gambar 2. 14 Kurva dengan Bentuk Bahu
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

2.2.8.4. Operasi Himpunan *Fuzzy* Menggunakan Operator Dasar Zadeh

Himpunan *fuzzy* memiliki operator dasar zadeh yang merupakan operator dasar yang memiliki tiga operator dalam operasi dasarnya. operasi perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung pada himpunan *fuzzy*. Operasi operator tersebut dapat dijelaskan sebagaimana berikut ini.

a. Logika AND

Pengertian dari logika AND adalah suatu operator dimana operator tersebut dapat digunakan untuk menentukan atau mengambil suatu nilai yang paling kecil dalam setiap fungsi keanggotaan. Fungsi MIN dapat diterapkan untuk mrndapatkan nilai yang paling kecil dalam setiap fungsi keanggotaan. Beriut ini merupakan persamaan dari fungsi MIN.

$$\mu A \cap B = \text{MIN}(\mu A[x], \mu B[y])$$

b. Logika OR

Dari logika OR yang difungsikan untuk menentukan nilai tertinggi dalam fungsi keanggotaan. Pencarian nilai tertinggi dapat menggunakan fungsi MAX. Logika

OR menerapkan operator union. Di bawah ini merupakan persamaan fungsi MAX yang digunakan untuk mendapatkan nilai tertinggi.

$$\mu A \cup B = \text{MAX}(\mu A[x], \mu B[y])$$

c. Logika NOT

Untuk mendapatkan hasil dari penerapan logika NOT yang mengimplementasikan operasi komplemen yaitu dengan cara pengurangan nilai dari fungsi suatu keanggotaan kemudian dikurangi dengan 1. Di bawah ini merupakan suatu persamaan dengan operator NOT untuk mendapatkan nilai berikut dibawah ini.

$$\mu A' = 1 - \mu A[x]$$

2.2.8.5. Sistem Inferensi Fuzzy

Suatu inferensi sistem pada fuzzy atau biasa disebut dengan *Fuzzy Inference system (FIS)* ini melakukan suatu proses perhitungan dengan mengolah suatu input menjadi output yang pada dasarnya memiliki proses atau metode perhitungan sendiri tergantung dari inferensi dari metode yang dipakai nanti. Inferensi pada metode ini juga memiliki suatu aturan dalam perhitungannya yang harus dipenuhi berdasarkan pengetahuan dan teknik penalaran. Pada sistem inferensi terdapat beberapa metode yang sering digunakan dapat dijelaskan seperti berikut ini.

a. Metode Tsukamoto

Pada metode ini dapat diartikan sebagai metode yang monoton baik dari perhitungan maupun fungsi keanggotaannya. Himpunan *fuzzy* dalam metode

tsukamoto ini direpresentasikan dengan menggunakan konsekuen berbentuk IF-THEN. Nilai crisp dari hasil perhitungan metode ini diberikan pada tap-tap aturannya. Hasil output atau hasil perhitungan akhir dalam metode ini berupa perhitungan rata-rata terbobot.

b. Metode Sugeno

Metode Sugeno biasa disebut juga dengan TSK yang memiliki nilai output berupa persamaan linier atau konstanta. Metode sugeno dapat dibagi menjadi dua yaitu sugeno Orde-Nol dan Sugeno Orde-Satu. Berikut penjelasan dari masing-masing pembagian metode sugeno.

1. Sugeno Orde Nol

Dalam perhitungannya, pada metode sugeno ordenol biasanya memakai persamaan di bawah ini.

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) (x_2 \text{ is } A_2) (x_3 \text{ is } A_3) \dots (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=k$$

Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui jika A_1 yang merupakan himpunan ke-I dan K_k adalah konstantanya.

2. Sugeno Orde Satu

Dalam perhitungannya, metode sugeno pada orde satu biasanya memakai persamaan di bawah ini.

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \dots (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=p_1*x_1+\dots+p_N*x_N+q$$

Berdasarkan dari persamaan tersebut dapat diketahui jika A_1 adalah yaitu himpunan ke-i, p_1 adalah konstanta ke-i, dan q yang juga disebut suatu konstanta.

Output hasil *fuzzyfikasi* metode sugeno adalah dengan menggunakan perhitungan rata-rata sebagai perhitungan ahirnya.

c. Metode Mamdani

Metode mamdani dapat juga diartikan sebagai penalaran penalaran Min Max yang memiliki beberapa proses di dalamnya, berawal dari pembentukan himpunan, fungsi implikasi, membuat rule base, serta proses yang paling ahir adalah melakukan perhitungan pada *defuzzifikasi*.

1. Himpunan awal *fuzzy*

Pada himpunan ini terdapat himpunan *fuzzy* satu atau lebih.

2. Fungsi Implikasi

Fungsi MIN dipakai pada metode implikasi metode mamdani.

3. Komposisi Aturan

Terdapat beberapa metode yang dipakai pada pembuatan rule. Rule ini tidaklah monoton dengan beberapa komposisi aturan, yaitu SUM, OR dan MAX. Hubungan antara rule menghasilkan inferensi. Komposisi aturan dapat dilihat dibawah ini.

a. Metode MAX (Maximum)

Proses metode menggunakan MAX dimulai dengan pengambilan nilai fungsi keanggotan tertinggi. Di bawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode metode MAX.

$$\mu_{sf}[xi] = \max (\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi])$$

b. Metode SUM (Additive)

Perhitungan bounded sum pada metode ini dilakukan untuk mendapatkan nilai pada daerah output. Di bawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode SUM.

$$\mu_{sf}[xi] = \min (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi])$$

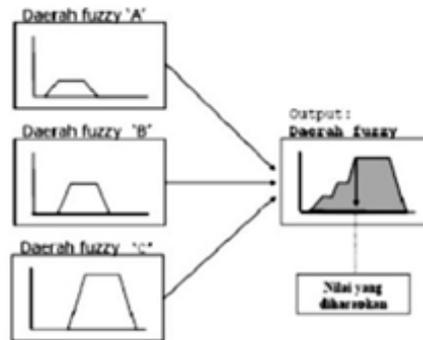
c. Metode Probor (Probabilistik OR)

Sistem perhitungan metode probabilistik OR ini untuk mendapatkan hasil dilakukan dengan melakukan product kepada semua output. Di bawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode probabilistik OR.

$$\mu_{sf}[xi] = (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi])$$

4. Defuzzifikasi (Penegasan)

Defuzzifikasi atau penegasan adalah langkah terakhir yang digunakan dalam perhitungan *fuzzy*. Nilai input yang telah diperoleh kemudian diproses dengan perhitungan yang kemudian diolah dalam *fuzzyfikasi*. Setelah diolah dalam *fuzzyfikasi* kemudian selanjutnya menentukan atau membuat rule base system yang merupakan suatu aturan dalam *fuzzy* untuk kemudian diproses dalam tahap akhir yaitu *defuzzifikasi* untuk mendapatkan nilai crisp. Gambaran proses defuzzifikasi dapat dilihat di gambar 2.15 berikut ini.



Gambar 2. 15 Proses Fuzzifikasi
Sumber: (Kusumadewi & Purnomo, 2010)

Di bawah ini merupakan penjabaran dari beberapa metode yang digunakan dalam proses defuzzifikasi.

a. Metode Centroid (Center of Area)

Perhitungan metode centroid atau CoA (Center of Area) dilakukan dengan menentukan titik tengah dalam hasil perhitungannya. Di bawah ini merupakan persamaan untuk perhitungan hasil output dari proses *defuzzifikasi*.

Di bawah ini merupakan persamaan dalam perhitungan dalam semesta kontinu.

$$\text{CoA} = \frac{\int_z z \cdot \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

Sedangkan di bawah ini merupakan persamaan dalam perhitungan dengan semesta diskrit.

$$\text{CoA} = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)},$$

b. Metode Bisektor

Metode ini diproses dengan cara pengambilan nilai dari suatu domain di *fuzzy* dimana domain tersebut adalah keanggotaan setengahnya dari hasil perhitungan yang telah dilakukan keanggotaan daerah *fuzzy*. Di bawah ini merupakan persamaan yang digunakan.

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_1^p \mu(z) dz = \int_p^n \mu(z) dz$$

c. Mean of Maximum (MoM)

Dalam perhitungannya, metode ini diproses dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai mean atau rata-rata pada domain yang selanjutnya nilainya merupakan nilai maksimum.

d. Large of Maximum (LoM)

Dalam perhitungannya, metode ini diproses dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai terbesar pada domain serta nilai yang memiliki keanggotaan paling maksimum.

e. Smallest of Maximum (SoM)

Dalam perhitungannya, metode ini diproses dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai terkecil di domain serta nilai tersebut yaitu nilai yangmana memiliki keanggotaan minimum juga.

BAB III

KONSEP RANCANGAN

3.1. Desain Penelitian

3.1.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan pada data yang diambil dan dipakai dalam penelitian ini menggunakan data sekunder dan data primer. Dimana data yang primer merupakan data yang diperoleh secara langsung diambil oleh penulis, sedangkan data sekunder didapat berdasarkan penelitian sebelumnya

3.1.1.1. Data Primer

Dalam penelitian ini data primer yang digunakan ialah volume air yang merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kadar *potential of Hydrogen* (pH). Semakin banyak volume air maka konsentrasi *potential of Hydrogen* (pH) akan semakin turun. Dalam penelitian ini penulis menggunakan sensor ultrasonik yang diletakkan di bagian atas guna mengetahui ketinggian air. Dengan begitu jumlah volume air bisa ditentukan berdasarkan ketinggian air yang terbaca oleh sensor ultrasonik. Sehingga semakin dekat permukaan air dengan sensor maka nilai sensor akan semakin kecil dan hal tersebut menunjukkan bahwa volume air masih dalam keadaan penuh. Begitu pula sebaliknya semakin jauh permukaan air dengan sensor maka nilai sensor akan semakin besar. Untuk mendapatkan data volume air perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan wadah ikan, berupa akuarium berukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm dan tinggi 35 cm. Akuarium berbahan kaca ini ditempatkan di luar ruangan dengan kondisi yang cukup cahaya matahari.
- b. Perhitungan Volume

Perhitungan volume air dilakukan dengan melakukan perhitungan volume dari akuarium, yaitu dengan perkalian panjang, lebar dan tinggi. Untuk tinggi air ditentukan dari tinggi sebenarnya akuarium dikurangi dengan jarak sensor ultrasonic

$$V = p \times l \times (t - \text{jarak sensor ultrasonik})$$

Dimana : V= Volume air

p = panjang akuarium

l = lebar akuarium

t = tinggi akuarium

3.1.1.2.Data Sekunder

3.1.1.2.1. Kondisi Ikan

Penelitian ini bersumber dari penelitian sebelumnya yang dilakukan Alblitary (2017), Setyaningrum (2016) dan Guntoro, et al (2019) yang menggunakan ikan gurami sebagai objek penelitiannya. Ikan gurami merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang paling banyak dibudidaya oleh petani ikan. Object penelitian ini menggunakan ikan gurami dikarenakan ikan gurami memiliki potensi untuk dibudidayakan serta memiliki permintaan pasar dan nilai jual yang cukup tinggi. Harga jual ikan

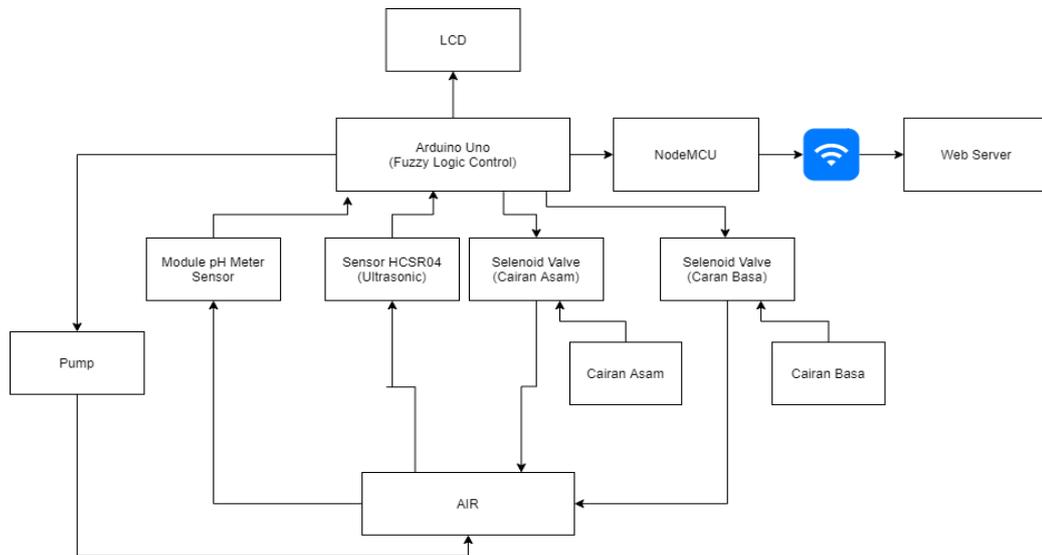
gurami dianggap cukup stabil tidak seperti ikan yang lainnya bahkan relatif meningkat setiap tahunnya. Dalam penelitian ini menggunakan ikan gurami berusia 4-5 bulan. Pemilihan ikan gurami berusia 4-5 bulan dikarenakan pada usia ini, ikan gurami sedang dalam masa pertumbuhan yang pesat.

3.1.1.2.2. Kualitas Air

Menjaga kualitas air sangat diperlukan dalam melakukan budidaya ikan gurami. Melindungi ikan dari perubahan cuaca adalah dengan menjaga kualitas air agar tetap stabil. Salah satu yang mempengaruhi kestabilan kondisi air adalah kadar *potential of Hydrogen* (pH). Menjaga kadar *potential of Hydrogen* (pH) agar tetap stabil merupakan faktor yang sangat penting terutama pada budidaya ikan gurami. Ikan gurami dapat hidup pada air dengan kadar pH 6.5 – 7 dan suhu air berkisar 28-32 °C. Kadar pH air akan berpengaruh terhadap pembentukan senyawa kimia dalam air (Guntoro, Setiawan, & Fitriyah, 2019).

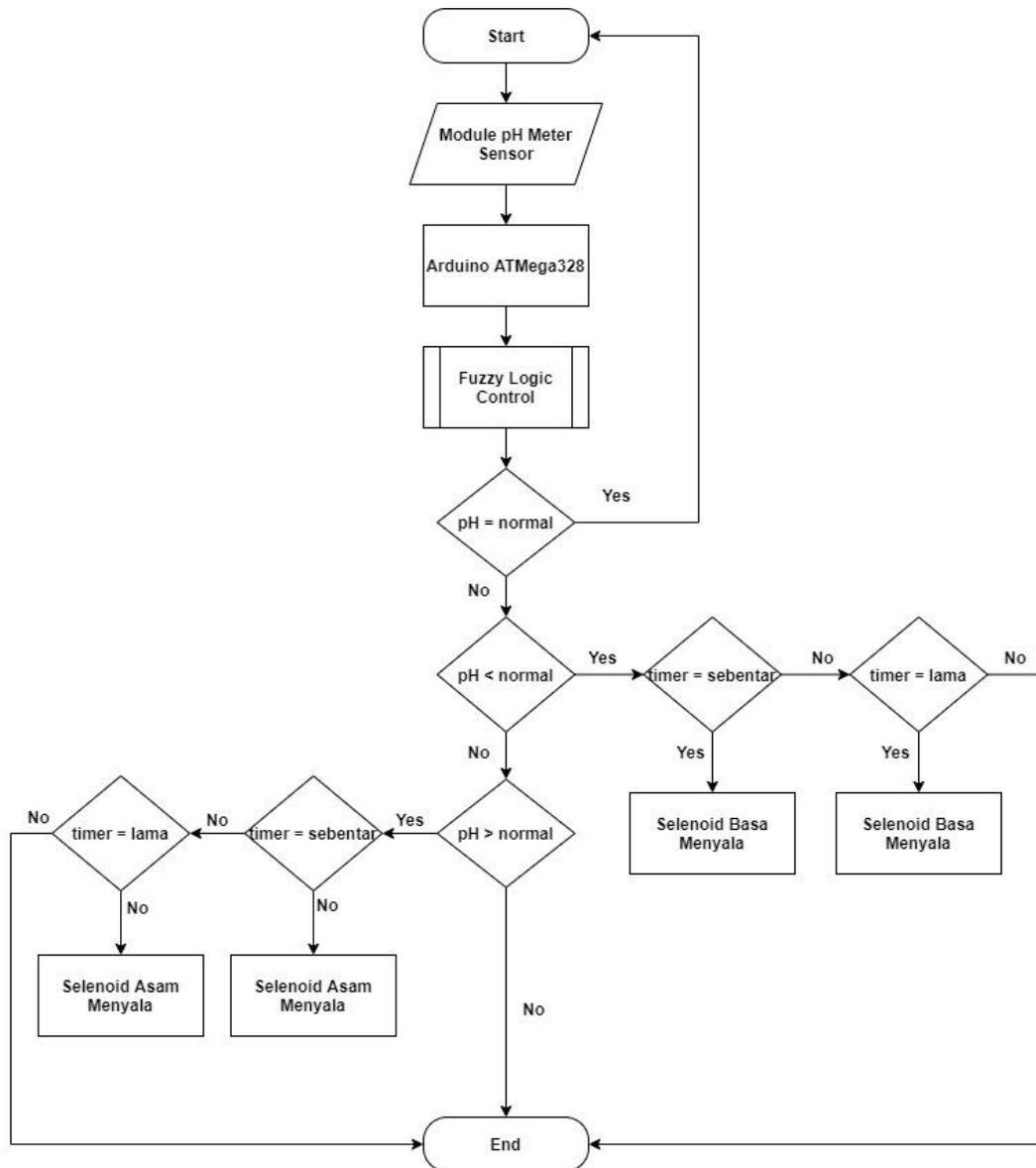
3.1.2. Desain Sistem

Untuk mempermudah dalam memahami kinerja dari sistem yang dirancang maka alur sistem ini dibuat dengan sedemikian rupa. Adapun alur sistem yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Desain Sistem

Pada sistem yang dirancang beberapa perangkat yang terhubung langsung dengan mikrokontroler ATmega328 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang berkaitan dengan input dan output sistem. Sensor HCSR04 sebagai sensor ultrasonik yang terhubung dengan air berfungsi untuk mengetahui ketinggian air pada saat itu, sehingga akan diketahui berapa volume air dalam akuarium yang nantinya berpengaruh terhadap banyaknya asam atau basa yang diperlukan agar pH sesuai dengan yang dibutuhkan oleh ikan gurami yaitu 6.5 – 7.



Gambar 3. 2 Alur Kontrol pH

Pada proses penyesuaian kadar *potential of Hydrogen* (pH) pertama-tama sistem akan melakukan pengecekan dengan menggunakan Module pH meter sensor apakah pH air akuarium telah sesuai dengan kebutuhan ikan. Apabila pH lebih rendah, maka Selenoid Valve (cairan basa) akan aktif. Begitupun sebaliknya, apabila pH lebih tinggi, maka Selenoid Valve (cairan asam) akan aktif. Proses ini

akan dilakukan hingga air akuarium mencapai pH yang diinginkan. Dan hasil nilai sensor akan ditampilkan dan dikirim ke web server.

3.1.2.1. Hardware System

3.1.2.1.1. Arduino Uno (ATMega328)

Arduino UNO adalah board mikrokonroller berbasis ATMega328. Arduino ini merupakan pengontrol rangkaian elektronik yang dapat menyimpan program didalamnya serta open source. Arduino yang bertindak sebagai mikrokontroler ini sebagai pengendali serta sebagai pengolahan sinyal yang masuk serta keluar. Selanjutnya pin yang dipakai dalam mikrokontroler ini adalah pin input digital dan output, serta analog digital converter yang digunakan untuk input analog.

3.1.2.1.2. Module pH Meter Sensor

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kadar pH dalam air akuarium. Sensor ini diletakkan di dalam akuarium. Sensor ini berhubungan dengan selenoid valve pada cairan basa dan selenoid valve pada cairan asam. pH sensor ini membaca nilai pH air dan merubahnya kedalam tegangan analog

3.1.2.1.3. HCSR04 Sensor

HCSR04 merupakan sensor yang dapat digunakan sebagai pengukur suatu jarak pada radius tertentu dikarenakan cara kerjanya dengan mengirim gelombang dan menerima pantulan gelombang yang dikirim tersebut. HCSR04 Sensor bertindak sebagai sensor ultrasonic

dimana sensor ini mendeteksi ketinggian air akuarium pada sistem aquaponik. Sensor ini diletakkan di bagian atas akuarium sehingga sensor ini dapat memberi informasi. Hal ini akan membantu mengetahui berapakah volume air di dalam akuarium yang nantinya mempengaruhi seberapa banyak cairan asam atau basa yang digunakan untuk menormalkan pH. Pada pengaplikasiannya sensor ini menggunakan empat pin. Dua pin yang dipa sebagai daya yaitu GND dan VCC, lalu dua pin lain sebagai pin echo dan trigger.

3.1.2.1.4. Solenoid Valve

Dalam penelitian ini, solenoid valve diimplementasikan pada dua tempat yang berbeda. Yang pertama digunakan pada cairan asam dan yang terakhir digunakan pada cairan basa. Solenoid valve pada cairan asam akan aktif ketika air dalam akuarium terdeteksi terlalu basa, begitu pula sebaliknya, solenod valve pada cairan basa akan aktif ketika air di dalam akuarium terdeteksi terlalu asam

3.1.2.1.5. Pump

Dalam penelitian ini pump digunakan untuk mengalirkan air dari titik terendah yaitu akuarium menuju titik tetinggi yaitu dutch bucket tanaman. Dalam hal ini dynamo akan bergerak dengan adanya daya listrik pada pump untuk menarik air dari akuarium menuju dutch bucket tanaman

3.1.2.2. Software System

3.1.2.2.1. Sistem Operasi Windows 10 64-bit

Sistem operasi atau sering disebut OS (*Operating System*) yaitu merupakan suatu perangkat lunak yang dipakai pada suatu *Personal Computer* (PC). Sistem operasi digunakan untuk menjalankan sistem yang mengatur operasi dasar sistem dan menjalankan aplikasi-aplikasi. Sistem operasi melakukan penanganan terhadap perintah masukan dari user dan menjadi penghubung antarmuka user dengan personal computer.

Pada penelitian yang dilakukan, peneliti menggunakan sistem operasi Windows 10 64bit. Windows dipilih karena merupakan sistem operasi yang sudah sangat umum digunakan. Windows lebih mudah untuk pengoperasiannya. Selain itu sistem operasi windows juga didukung oleh banyak sekali software yang kompatibel untuk digunakan. Dalam penelitian ini pemakaian windows dipilih karena windows kompatibel untuk menjalankan software Arduino IDE yang nantinya akan digunakan untuk sistem kendali dalam penelitian yang dilakukan

3.1.2.2.2. Arduino IDE

IDE merupakan aplikasi yang digunakan untuk menuliskan program. Dikarenakan penelitian ini merupakan penelitian mengenai *Internet of Things* (IoT) maka, peran software Arduino IDE di sini cukup penting. Software ini digunakan untuk meuliskan program-program dimana arduino nantinya dapat sesuai dengan yang di inginkan

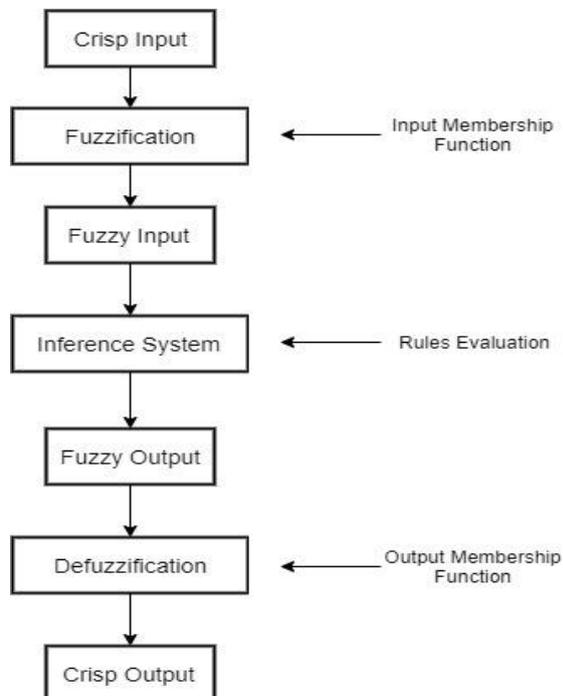
penulis. Cara kerjanya adalah dengan mengompile kode-kode biner lalu dikirim kedalam memori mikrokontroler. Dengan Arduino IDE dimungkinkan modul-modul mendukung seperti sensor, penggerak, dan sebagainya dapat berfungsi sesuai yang penulis inginkan

3.1.2.2.3. R Studio

Software yang digunakan pada penelitian ini berikutnya adalah R Studio. R digunakan untuk melakukan perhitungan logika *Fuzzy*. Dimana perolehan nilai *Fuzzy* dari R dapat dibandingkan dengan hasil dari output dari penelitian ini sehingga bisa didapatkan presentase *error* untuk mengetahui selisih perhitungan.

3.1.3. Pemrograman *Fuzzy Logic Control*

Untuk melakukan perhitungan menggunakan *fuzzy logic* maka dilakukan beberapa tahapan perhitungan sebagai berikut dibawah ini.



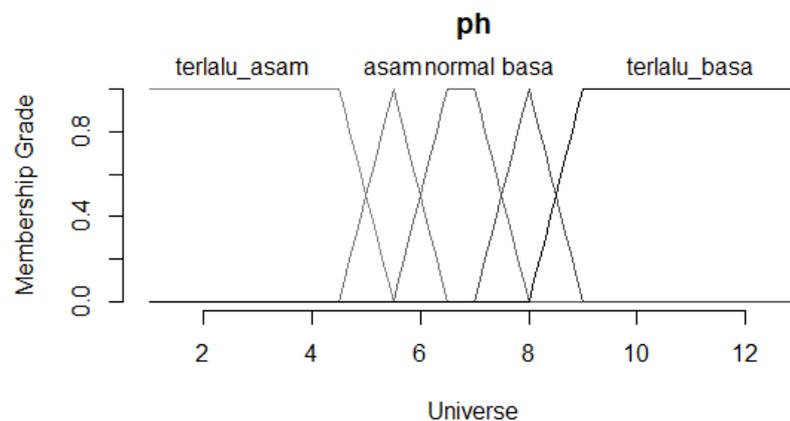
Gambar 3. 3 Alur proses *Fuzzy Logic*

3.1.3.1. Fuzzifikasi

Berdasarkan alur diatas dapat diketahui bahwa untuk membuat perhitungan menggunakan metode *fuzzy logic* yaitu melalui beberapa langkah. Langkah pertama dalam membuat perhitungan menggunakan *fuzzy logic* yaitu menyiapkan input yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan hasil akhirnya. Selanjutnya input tersebut diolah untuk dijadikan himpunan *fuzzy* yaitu dengan *fuzzifikasi*. Pada proses fuzzifikasi, input sudah mempunyai membership function. Nilai yang dihitung dari membership function merupakan nilai yang akan mewakili input untuk diproses menjadi himpunan *fuzzy* pada proses *fuzzifikasi*.

a. Membership Function pH

Pada penelitian ini input yang digunakan ada dua, yaitu pembacaan sensor pH air dan jarak ketinggian permukaan air dengan permukaan akuarium (*distance*). Berikut merupakan *membership function* dari pH Air.



Gambar 3. 4 Membership Function pH

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa membership function pH memiliki lima keanggotaan, yaitu keanggotaan terlalu asam, asam, normal, basa dan terlalu basa. Untuk mendapatkan nilai keanggotaan dari masing-masing keanggotaan input yaitu dengan memakai persamaan. Adapun fungsi keanggotaan yang didapat dari kurva pada membership function pH diatas yaitu sebagai berikut.

Untuk keanggotaan terlalu asam menggunakan persamaan kurva berbentuk bahu kiri dapat dilihat dengan persamaan dibawah ini.

$$\mu[x,b,c,d] = \begin{cases} 1 & , x \leq 4.5 \\ (4.5 - x)/(5.5 - 4.5) & , 4.5 < x \leq 5.5 \\ 0 & , x < 0 \text{ atau } x > 5.5 \end{cases}$$

Pada keanggotaan asam memakai kurva segitiga dengan persamaan berikut ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 4.5 \text{ atau } x > 6.5 \\ (x - 4.5)/(5.5 - 4.5) & , 4.5 \leq x \leq 5.5 \\ (6.5 - x)/(6.5 - 5.5) & , 5.5 \leq x \leq 6.5 \end{cases}$$

Pada keanggotaan normal memakai kurva trapesium dengan persamaan berikut ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 5.5 \text{ atau } x > 8 \\ (x - 5.5)/(6.5 - 5.5) & , 5.5 \leq x < 6.5 \\ 1 & , 6.5 \leq x \leq 7 \\ (8 - x)/(8 - 7) & , 7 < x \leq 8 \end{cases}$$

Untuk keanggotaan basa memakai kurva segitga dengan persamaan berikut ini.

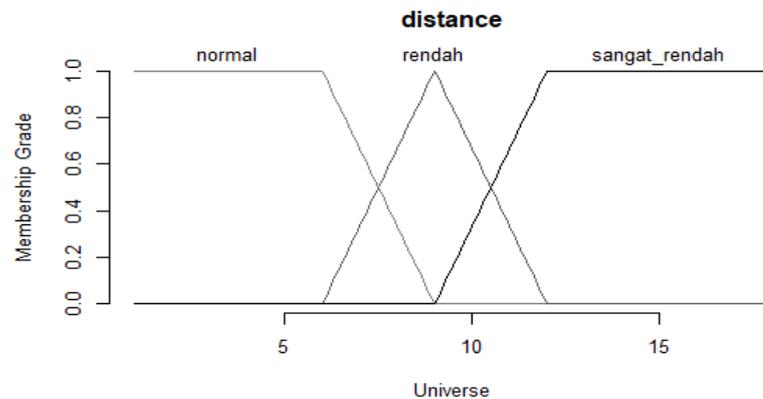
$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 7 \text{ atau } x > 9 \\ (x - 7)/(8 - 7) & , 7 \leq x \leq 8 \\ (9 - x)/(9 - 8) & , 8 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

Dan untuk keanggotaan terlalu basa memakai kurva berbentuk bahu kanan yang memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 8 \\ (x - 9)/(9 - 8) & , 8 \leq x < 9 \\ 1 & , x \geq 9 \end{cases}$$

b. Membership Function Distance

Untuk input yang digunakan selanjutnya yaitu distance yang merupakan jarak antara permukaan air dengan permukaan akuarium. berikut merupakan *membership function distance*.



Gambar 3. 5 Membership Distance

Nilai dari membership function diatas didapatkan dari hasil pengurangan dari ketinggian akuarium dengan hasil pembacaan sensor HCSR-04. Membership function ketinggian air memiliki tiga keanggotaan yaitu keanggotaan normal, keanggotaan rendah dan keanggotaan sangat rendah. Rentang nilai dari membership function ini yaitu rentang nilai 0

sampai dengan 18. Pembacaan sensor dilakukan dengan menghitung jarak dari tinggi akuarium hingga tinggi permukaan air. Satuan yang digunakan dalam membership function ini yaitu centimeter (cm). Untuk mendapatkan nilai keanggotaan dari masing-masing keanggotaan input volume yaitu dengan memakai persamaan kurva trapesium. Adapun fungsi keanggotaan yang didapat dari kurva bentuk bahu kiri, kurva bahu kanan dan kurva segitiga pada membership function ketinggian air yaitu dengan persamaan sebagai berikut. Pada membership normal memakai kurva bahu kiri yang memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x,b,c,d] = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \text{ atau } x > 9 \\ 1 & , 0 < x \leq 6 \\ (9-x)/(9-6) & , 6 < x \leq 9 \end{cases}$$

Pada membership rendah memakai kurva segitiga dengan persamaan berikut ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} 0 & , x < 6 \text{ atau } x > 12 \\ (x-6)/(9-6) & , 6 \leq x \leq 9 \\ (12-x)/(12-9) & , 9 \leq x \leq 12 \end{cases}$$

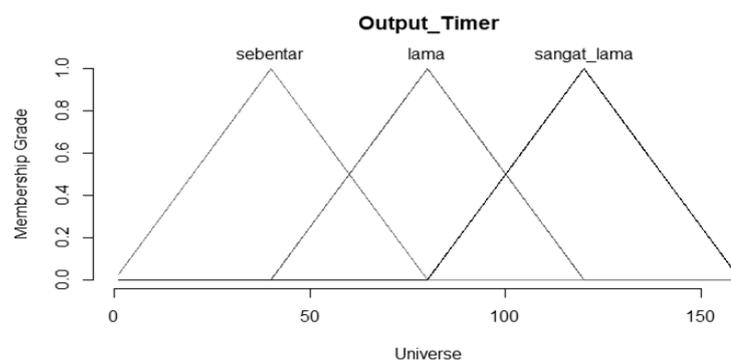
Sehingga untuk keanggotaan sangat rendah memakai kurva bahu kanan dengan persamaan berikut ini.

$$\mu[x,a,b,c] = \begin{cases} (x-9)/(12-9) & , 9 \leq x < 12 \\ 1 & , 12 \leq x \leq 18 \\ 0 & , x < 9 \text{ atau } x > 18 \end{cases}$$

c. Membership Function Timer (Asam)

Untuk output yang dicari pada penelitian ini yaitu timer. Timer digunakan untuk memberikan pengaturan waktu untuk lama penyalaan pompa DC. Pada membership function ini memiliki 3 parameter diantaranya adalah sebentar,

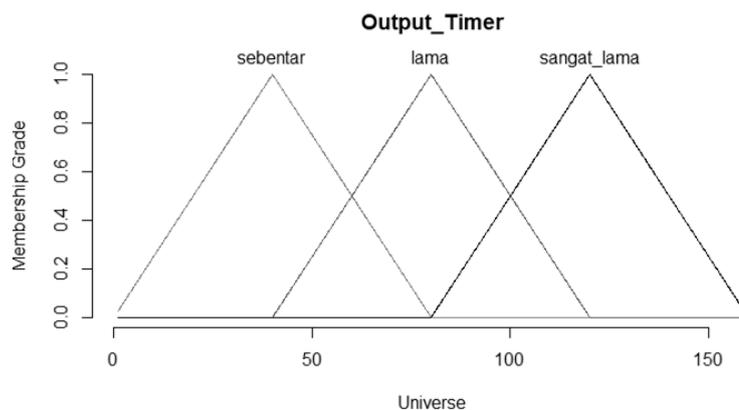
lama dan sangat lama yang memiliki rentang 0 sampai 160 detik. 40 detik untuk parameter sebentar, 80 detik untuk parameter lama dan 120 detik untuk parameter sangat lama. Terdapat juga parameter diam namun bernilai 0. Lama waktu yang digunakan ini menentukan seberapa banyak cairan asam yang akan dikeluarkan. Berikut merupakan membership function dari timer katup asam pada gambar dibawah.



Gambar 3. 6 Membership Function Timer Katup Asam

d. Membership Function Timer (Basa)

Untuk output yang dicari pada penelitian ini yaitu timer didasarkan pada hasil dari perhitungan variabel pH dan volume air akuarium. Pada membership function ini memiliki 3 parameter diantaranya adalah sebentar, lama dan sangat lama yang memiliki rentang 0 sampai 160 detik. 40 detik untuk parameter sebentar, 80 detik untuk parameter lama dan 120 detik untuk parameter sangat lama. Terdapat juga parameter diam namun bernilai 0. Lama waktu yang digunakan ini menentukan seberapa banyak cairan basa yang akan dikeluarkan. Berikut merupakan membership function dari timer katup asam pada gambar dibawah.



Gambar 3. 7 Membership Function Timer Katup Basa

3.1.3.2. Rule Base

Langkah selanjutnya yaitu memproses data *fuzzifikasi* kedalam inference system *fuzzy*. Inference system yang dipakai yaitu dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Pada inference system ini terdapat rule yang digunakan sebagai aturan untuk menjalankan perhitungan. Rule yang dipakai pada penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 1 Tabel Rule Base

Distance / pH	Terlalu Asam	Asam	Normal	Basa	Terlalu Basa
Normal	AM,BSL	AM,BL	AM,BM	AL,BM	ASL,BM
Rendah	AM,BSL	AM,BS	AM,BM	AS,BM	ASL,BM
Sangat Rendah	AM,BL	AM,BS	AM,BM	AS,BM	AL,BM

Keterangan :

A = Asam; B = Basa

M = Mati; S = Sebentar; L=Lama; SL=Sangat Lama

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan rule sebagai berikut:

(R1) Jika distance normal dan pH terlalu asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (SL) sangat lama.

(R2) Jika distance normal dan pH asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama

(R3) Jika distance normal dan pH normal maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati.

(R4) Jika distance normal dan pH basa maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati.

(R5) Jika distance normal dan pH terlalu basa maka katup cairan asam (SL) sangat lama dan katup cairan basa (M) mati.

(R6) Jika distance rendah dan pH terlalu asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (SL) sangat lama.

(R7) Jika distance rendah dan pH asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (S) sebentar.

(R8) Jika distance rendah dan pH normal maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati.

(R9) Jika distance rendah dan pH basa maka katup cairan asam (S) sebentar dan katup cairan basa (M) mati.

(R10) Jika distance rendah dan pH terlalu basa maka katup cairan asam (SL) sangat lama dan katup cairan basa (M) mati.

(R11) Jika distance terlalu rendah dan pH terlalu asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (L) lama.

(R12) Jika distance terlalu rendah dan pH asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (S) sebentar.

(R13) Jika distance terlalu rendah dan pH normal maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati.

(R14) Jika distance terlalu rendah dan pH basa maka katup cairan asam (S) sebentar dan katup cairan basa (M) mati.

(R15) Jika distance terlalu rendah dan pH terlalu basa maka katup cairan asam (L) lama dan katup cairan basa (M) mati.

Setelah menentukan aturan *fuzzy* maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan implikasi pada setiap *rule base* yang ada dengan memasukkan perhitungan hasil *fuzzifikasi* untuk mendapatkan nilai terkecil dari setiap *fuzzifikasi* dengan menggunakan fungsi MIN. Dibawah ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan perhitungan implikasi dengan menggunakan fungsi MIN.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Berikut ini merupakan perhitungan fungsi MIN memakai input distance 9.76 dan pH 6.2. Berdasarkan nilai input distance dan pH tersebut,

nilai input distance masuk dalam keanggotaan rendah dan sangat rendah. Sedangkan input pH masuk dalam keanggotaan asam dan normal. Maka, didapatkan hasil rule yang sesuai yaitu R7, R8, R12 dan R13. Rule yang memenuhi suatu syarat tentunya akan langsung dihitung dengan proses *implikasi* memakai fungsi MIN berikut ini.

Rule-7 Jika distance rendah dan pH asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (S) sebentar.

$$\begin{aligned}
 R7 &= \mu_{\text{distance}} \cap \mu_{\text{pH}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{rendah}}[9.76], \mu_{\text{asam}}[6.2]) \\
 &= \text{MIN}(0.747, 0.3) \\
 &= 0.3
 \end{aligned}$$

Rule-8 Jika distance rendah dan pH normal maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati.

$$\begin{aligned}
 R8 &= \mu_{\text{distance}} \cap \mu_{\text{pH}} \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{rendah}}[9.76], \mu_{\text{normal}}[6.2]) \\
 &= \text{MIN}(0.747, 0.7) \\
 &= 0.7
 \end{aligned}$$

Rule-12 Jika distance sangat rendah dan pH asam maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (S) sebentar.

$$R12 = \mu_{\text{distance}} \cap \mu_{\text{pH}}$$

$$= \text{MIN}(\mu_{\text{sangatrendah}}[9.76], \mu_{\text{asam}}[6.2])$$

$$= \text{MIN}(0.253, 0.3)$$

$$= 0.253$$

Rule-13 Jika distance sangat rendah dan pH normal maka katup cairan asam (M) mati dan katup cairan basa (M) mati.

$$R13 = \mu_{\text{distance}} \cap \mu_{\text{pH}}$$

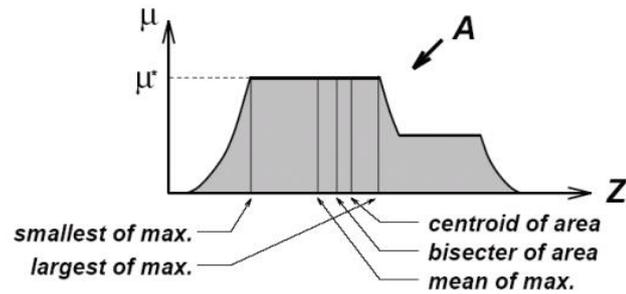
$$= \text{MIN}(\mu_{\text{sangatrendah}}[9.76], \mu_{\text{normal}}[6.2])$$

$$= \text{MIN}(0.253, 0.7)$$

$$= 0.253$$

3.1.3.3. Defuzzifikasi

Langkah terakhir yaitu *defuzzifikasi*. Pada proses *defuzzifikasi* dilakukan dengan menggunakan metode *centroid*. Dalam menggunakan metode *centroid*, hasil komposisi semua aturan daerah *fuzzy* digabungkan untuk mendapatkan hasil yang optimal serta untuk mendapatkan nilai titik pusat daerah *fuzzy*. Melakukan perhitungan defuzzifikasi dengan menggunakan metode *centroid* yaitu dengan mengintegrasikan masing-masing fungsi keanggotaan dari tiap-tiap rule.



Gambar 3. 8 Metode *Defuzzifikasi* pada Aturan Mamdani
 Sumber : <https://tutorkeren.com/artikel/defuzzification.htm>

Untuk mendapatkan nilai luas, terlebih dahulu mencari nilai titik potong atau pusat daerah implikasi berdasarkan rule 7, rule 8, rule 12 dan rule 13 yang telah didapatkan sebelumnya.

- Mencari nilai titik potong a1

$$\alpha = \frac{x-0}{40-0}$$

$$0.3 = \frac{x}{40}$$

$$x = 0.3 \times 40$$

$$x = 12$$

- Mencari nilai titik potong a2

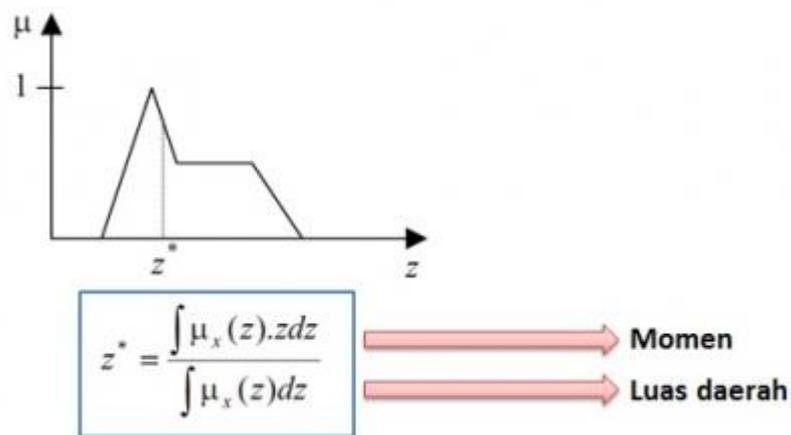
$$\alpha = \frac{80-x}{80-40}$$

$$0.3 = \frac{80-x}{40}$$

$$x = 80 - (0.3 \times 40)$$

$$x = 68$$

Berdasarkan perhitungan di atas merupakan perhitungan nilai dari fungsi sebentar sehingga didapatkan nilai a_1 sebesar 12 dan a_2 sebesar 68. Berdasarkan nilai di atas dapat dihitung luas daerah implikasi untuk menentukan momen. Momen diperoleh dengan mengalikan masing masing persamaan dengan z . Gambar di bawah ini merupakan rumus perhitungan *centroid* pada *defuzzifikasi*.



Gambar 3. 9 Rumus *Centroid Defuzzifikasi*

Sumber : <https://tutorkeren.com/artikel/defuzzification.htm>

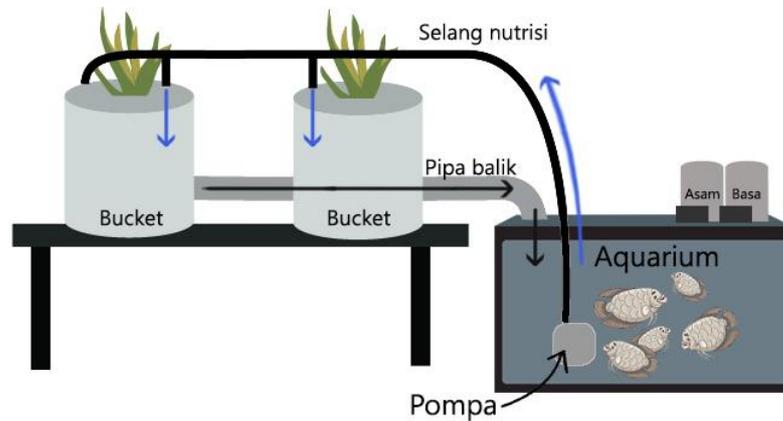
Setelah luas dan momen didapatkan maka langkah selanjutnya adalah membagi jumlah total momen dengan jumlah total luas daerah implikasi. Di bawah ini merupakan persamaan untuk menghitung *defuzzifikasi*.

$$Output = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_i}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i}$$

Keterangan:

- a. M = Momentum
- b. A = Luas daerah implikasi
- c. i, data perulangan ke-n

3.2. Perancangan Frame Alat (Aquaponik)

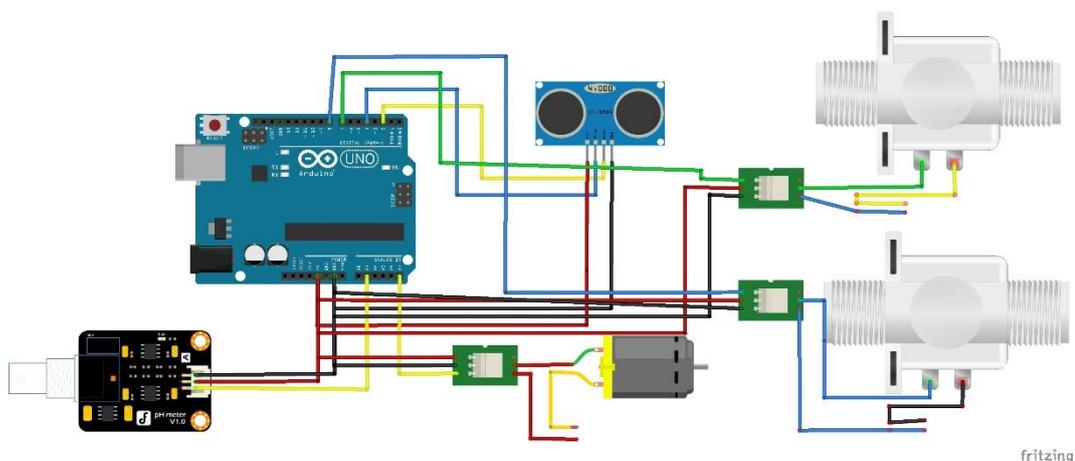


Gambar 3. 10 Perancangan Aquaponik

Dalam perancangan sistem Aquaponik ini, air dalam wadah atau tandon yang berisi ikan gurami akan dipompa untuk dialirkan ke dutch bucket dari tumbuhan. Dimana air ikan yang mengandung unsur hara akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrisi. Air di dalam dutch bucket akan disaring oleh akar-akar tumbuhan, sehingga air yang akan dialirkan kembali ke akuarium ikan melalui pipa balik adalah air yang jernih

3.3. Rangkaian Komponen

Berikut ini merupakan desain wiring (pengkabelan) yang dapat mempermudah visualisasi dalam perangkaian komponen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat berdasarkan gambar berikut ini.



Gambar 3. 11 Rangkaian Komponen

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembenihan Gurami

Pembenihan gurami dilakukan dengan memilih benih ikan gurami berusia 4-5 bulan dengan ukuran berkisar antara 4-6 cm. Pembenihan gurami diletakkan di akuarium berukuran 60 cm x 30 cm x 35 cm berbahan kaca. Akuarium dapat dipastikan memiliki oksigen yang cukup dengan menambahkan aerator.

3.4.2. Perawatan

Perawatan ikan gurami dalam sistem aquaponik dilakukan dengan pengecekan secara berkala setiap hari dengan pemberian pakan ikan pagi dan sore. Pengamatan dilakukan untuk melihat kondisi fisik ikan.

3.4.3. Pengamatan

Pelaksanaan pengamatan dilakukan dilakukan setiap hari bersamaan dengan pemberian pakan ikan untuk dapat memastikan keadaan alat yang sudah terpasang dalam keadaan yang baik dan tidak mengalami kerusakan pada komponen.

3.4.4. Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperoleh serta yang dipakai dalam penelitian adalah berupa data *potential of Hydrogen* (pH) dan data *distance* di dalam akuarium. Distance yaitu jarak antara sensor hcsr04 dengan permukaan air akuarium. Data *potential of Hydrogen* (pH) dan data *distance* merupakan variabel yang digunakan sebagai input. Data *potential of Hydrogen* (pH) diambil dari module pH meter sensor dan data *distance* diambil dengan menggunakan Sensor HCSR04 (*Ultrasonic*).

3.5.Rencana Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan pada perangkat input dari sistem pengontrol kadar pH otomatis berdasarkan kadar pH dan volume air. Perangkat input sistem ini adalah sensor pH dan *distance*. Pengujian pada sensor pH bertujuan agar pengguna dapat mengetahui keakuratan sensor dalam membaca tingkat keasaman pada air akuarium. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor pH ke mikrokontroler dan membandingkannya dengan pembacaan kadar pH air akuarium secara manual.

Tabel 3. 2 Rancangan Kalibrasi Sensor pH

No.	Jenis Cairan	Sensor pH	pH Meter	<i>Error</i> (%)
1	Larutan 1			
2	Larutan 2			
3	Larutan 3			
4	Larutan 4			
5	Larutan 5			
Rata-rata <i>Error</i> (%)				

Sedangkan pada pengujian sensor *ultrasonic* bertujuan agar pengguna dapat mengetahui keakuratan sensor *ultrasonic* dalam membaca ketinggian atau jarak dari batas tertinggi akuarium hingga permukaan air pada akuarium. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor *ultrasonic* ke mikrokontroler dan membandingkannya dengan pembacaan *distance* secara manual melalui penggaris dengan satuan cm.

Tabel 3. 3 Rancangan Kalibrasi Sensor *Ultrasonic*

No.	Sensor <i>Ultrasonic</i> (Arduino)	Penggaris (cm)	<i>Error</i> (%)
1			
2			
3			
4			
5			
Rata-rata <i>Error</i> (%)			

Pengujian sistem dilakukan guna mengetahui kinerja dari sistem penyesuaian pH otomatis dengan metode *fuzzy logic control* dengan output berupa waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan cairan asam atau basa untuk menyesuaikan kadar pH air akuarium sesuai kebutuhan ikan. Hasil dari R Studio yang dicek dengan perhitungan biasa agar dapat dilihat pada presentase *error* dari sistem. Dibawah ini adalah tabel yang digunakan untuk melakukan pengujian penyesuaian kadar pH air yang dilaksanakan selama sehari-hari.

Tabel 3. 4 Rancangan Pengujian Logika *Fuzzy*

No.	Input		Output		<i>Error</i> (%)
	pH	<i>Distance</i>	RStudio	Manual	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Rata-rata <i>Error</i> (%)					

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengujian fungsional dan pengujian kinerja peralatan penyesuaian kadar pH otomatis dengan menggunakan metode *fuzzy logic control*. Dimana pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah alat penyesuaian pH otomatis sudah dapat berfungsi normal serta pengujian sistem yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai yang diharapkan. Kemudian hasil akan dibandingkan ke dalam tabel untuk mengetahui rata-rata error yang terjadi.

4.1.1. Pengujian Alat

4.1.1.1. Pengujian Sensor pH (Module pH Meter Sensor) dengan pH Meter

Pengujian dilaksanakan demi untuk mengetahui nilai *error* dari perbandingan alat sensor pH dengan pH meter. Sensor pH dihubungkan pada port mikrokontroler. Jika hasil yang didapatkan berbeda dengan pembacaan yang dilakukan pH meter manual maka perlu dilakukan kalibrasi ulang, namun jika hasil yang terbaca antara pH meter manual dengan module pH meter sensor hasilnya mendekati atau sama, maka nilai tersebut sesuai dan alat sudah bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan sepuluh macam larutan yang dimasukkan ke dalam wadah plastik yang sudah diberi label penamaan larutan. Dari masing-masing wadah plastik berisikan 150ml

cairan. Berikut ini merupakan sepuluh sampel larutan yang digunakan dalam pengujian sensor pH.



Gambar 4. 1 Sampel Larutan

Hasil perbandingan dari pembacaan sensor pH oleh sensor pH manual (pH Meter) dengan module pH meter sensor dapat dilihat berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH (Manual) dengan Module pH Meter Sensor

No.	Jenis Cairan	Sensor pH	pH Meter	Error (%)
1	Air PDAM	7,08	7,0	1,14%
2	Air AQUA	8,04	8,1	0,74%
3	Air Sumur	7,14	7,2	0,83%
4	Air Hujan	7,31	7,3	0,14%
5	Air Sungai	7,82	7,9	1,01%
6	Air Jeruk (Minute Maid Pulpy Orange)	3,63	3,4	6,76%
7	Air Cuka	1,83	1,6	14,38%
8	Air Soda (Sprite)	3,32	3,0	10,67%
9	Air Garam	6,51	6,5	0,15%

10	Air Sabun	7,83	7,9	0,89%
Rata-rata Error (%)				3,67%

Untuk selanjutnya perlu untuk menghitung presentase error dan juga rata-rata error nilainya. Dimana hasil perhitungan ini mengambil salah satu data dalam tabel dengan menggunakan perhitungan relative error. Perhitungan dilakukan pada percobaan ke-1 yaitu air PDAM dimana pada pH meter terbaca 7,0 dan pada Module pH Meter Sensor terbaca 7,08.

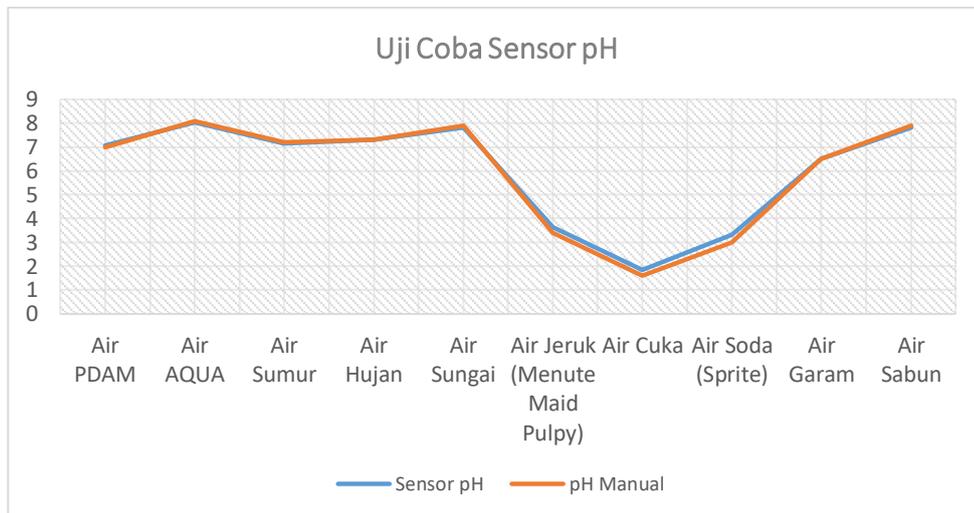
$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{\text{Nilai Module pH Meter} - \text{Nilai pH meter}}{\text{Nilai pH meter}} \times 100\% \\
 &= \frac{7.08 - 7,0}{7.0} \times 100\% \\
 &= \frac{0.08}{7.0} \times 100\% \\
 &= 1.14\%
 \end{aligned}$$

Dan di bawah ini merupakan proses perhitungan rata-rata *error* berdasarkan dengan data di atas.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\
 &= \frac{36.71\%}{10} \\
 &= 3.67\%
 \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perbandingan dari data pH air menggunakan module pH meter sensor dan pH meter diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 3.67%.

Visualisasi uji coba sensor pH bisa dilihat pada grafik berikut ini dengan garis berwarna biru menunjukkan hasil ukur menggunakan sensor pH dan garis berwarna merah menunjukkan hasil ukur menggunakan pH meter manual.



Gambar 4. 2 Grafik Uji Coba Sensor pH

4.1.1.2. Pengujian Sensor Ultrasonic (HCSR-04) dengan Penggaris

Tabel di bawah ini merupakan hasil yang didapatkan dari pembacaan sensor ketinggian yaitu sensor *ultrasonic* dengan pengukuran manual menggunakan penggaris.

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Ultrasonic (HCSR-04) dengan Penggaris

No.	Penggaris (cm)	HCSR-04 (cm)	Error (%)
1	4	4,54	13,50%
2	5	5,05	1,00%
3	7	7,04	0,57%
4	10	10,00	0,00%
5	12	11,93	0,58%
6	15	14,94	0,40%
7	18	18,05	0,28%
8	20	19,99	0,05%
9	22	21,93	0,32%
10	25	25,02	0,08%
Rata-rata Error (%)			1.68%

Untuk selanjutnya perlu untuk menghitung presentase error serta nilai rata-rata error. Dimana proses perhitungan ini mengambil salah satu data dalam tabel dengan menggunakan perhitungan *relative error*. Perhitungan dilakukan pada ercobaan ke-1 dimana pada Sensor *Ultrasonic* terbaca 4,54 dan pada Penggaris terbaca 4 cm

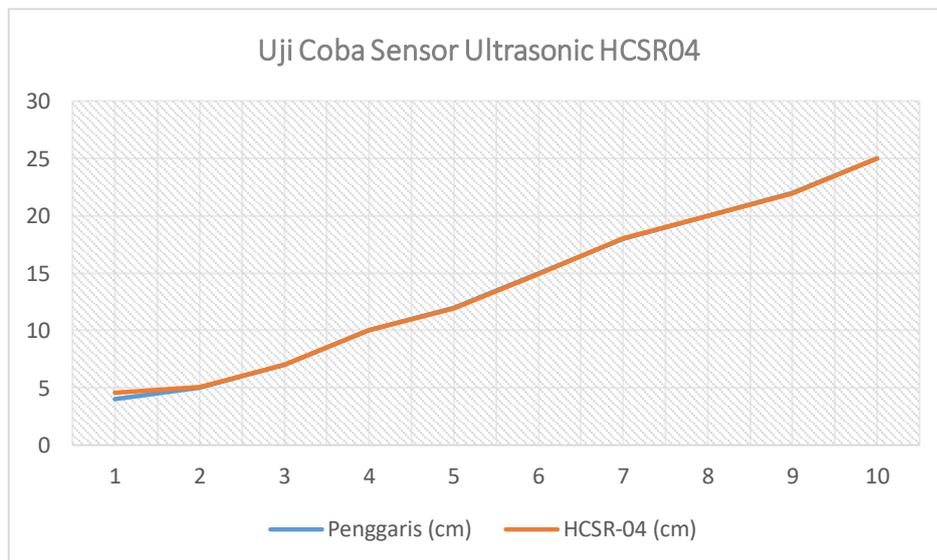
$$\begin{aligned}
 Error &= \frac{\text{sensor ultrasonic} - \text{penggaris}}{\text{penggaris}} \times 100\% \\
 &= \frac{4.54 - 4}{4} \times 100\% \\
 &= \frac{0.54}{4} \times 100\% \\
 &= 13.5
 \end{aligned}$$

Dan di bawah ini merupakan perhitungan dari rata-rata *error* berdasarkan dengan data di atas.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\ &= \frac{16.781\%}{10} \\ &= 1.68\% \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan perbandingan dari data ketinggian air menggunakan sensor ultrasonic dan penggaris diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 1.68%.

Visualisasi uji coba sensor ultrasonic dapat dilihat pada grafik di bawah ini dengan garis berwarna biru menunjukkan hasil ukur menggunakan penggaris dan garis berwarna merah menunjukkan hasil ukur menggunakan sensor ultrasonic HCSR-04.



Gambar 4. 3 Grafik Uji Coba Sensor *Ultrasonic* HCSR04

4.1.1.3. Pengujian Pompa Air

Pengujian pompa air dilakukan untuk mengetahui berapa banyak air yang dikeluarkan dalam beberapa detik. Hasil pengujian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan lamanya timer dalam mengeluarkan cairan asam dan basa. Berikut ini merupakan tabel uji coba yang telah dilakukan dengan menggunakan selenoid valve 5V.

Tabel 4. 3 Laju Selenoid Valve 5V

Percobaan	Waktu	Jumlah
Percobaan 1	1 detik	4 tetes
Percobaan 2	2 detik	9 tetes
Percobaan 3	3 detik	13 tetes
Percobaan 4	4 detik	17 tetes
Percobaan 5	5 detik	21 tetes
Percobaan 6	6 detik	25 tetes
Percobaan 7	7 detik	29 tetes
Percobaan 8	8 detik	33 tetes
Percobaan 9	9 detik	37 tetes
Percobaan 10	10 detik	41 tetes

Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa selenoid valve 5V yang digunakan dapat mengeluarkan cairan asam dan basa dengan rata-rata 4 tetes setiap detiknya.

4.1.2. Pengujian Sistem

4.1.2.1. Pengujian Mikrokontroler dengan R Studio

Berdasarkan dengan perolehan data input yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa nilai pH dan ketinggian air maka akan didapatkan perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy logic control* dengan output berupa timer waktu dengan satuan detik(s). Pada perhitungan tersebut kemudian akan dibandingkan perhitungannya dengan pada RStudio. Dibawah ini merupakan tabel perbandingan dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4. 4 Pengujian Mikrokontroler dengan RStudio (Katup Asam)

No	Input		Output (Katup Asam)		Error (%)
	Distance	pH	Mikrokontroler	RStudio	
1.	9.69	6.82	0	0	0%
2.	9.71	6.47	0	0	0%
3.	9.76	6.20	0	0	0%
4.	9.76	6.08	0	0	0%
5.	9.77	6.91	0	0	0%
6.	9.76	6.94	0	0	0%
7.	9.78	6.60	0	0	0%
8.	9.77	6.79	0	0	0%
9.	9.82	6.81	0	0	0%
10.	9.98	7.13	40.032	36	10.072%
11.	9.80	7.22	40.032	37.2	7.074%
12.	9.76	7.46	40.025	38.8	3.061%
13.	9.96	6.94	0	0	0%
14.	9.97	7.21	40.069	37.3	6.911%
15.	9.94	7.35	40.032	38.3	4.327%

16.	9.93	7.44	40.032	38.7	3.327%
17.	9.92	7.20	40.032	37.1	7.324%
18.	9.91	7.13	40.032	35.9	10.322%
19.	9.90	6.91	0	0	0%
20.	9.80	6.98	0	0	0%
Rata-rata Error (%)					2.6209%

Perhitungan pada mikokontroler dan RStudio yang telah didapatkan selanjutnya dilakukan perhitungan error pada input ke-10 yaitu disaat distance terbaca 9.98 dan pH terbaca 7.13 maka diperoleh perhitungan pada nilai *error* dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{\text{rstudio} - \text{mikrokontroler}}{\text{mikrokontroler}} \times 100\% \\
 &= \frac{36 - 40.032}{40.032} \times 100\% \\
 &= \frac{4.032}{40.032} \times 100\% \\
 &= 10.072\%
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya yaitu menentukan nilai rata-rata error yang didapatkan dengan perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\
 &= \frac{52.418}{20} \\
 &= 2.6209\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan metode *fuzzy logic control* dengan menggunakan RStudio dan mikrokontroler maka didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar = 2.6209%.

Tabel 4. 5 Pengujian Mikrokontroler dengan RStudio (Katup Basa)

No	Input		Output (Katup Basa)		Error (%)
	Distance	pH	Mikrokontroler	RStudio	
1.	9.69	6.82	0	0	0%
2.	9.71	6.47	40.757	26.3	35.471%
3.	9.76	6.20	40.032	37.9	5.326%
4.	9.76	6.08	39.972	38.6	3.432%
5.	9.77	6.91	0	0	0%
6.	9.76	6.94	0	0	0%
7.	9.78	6.60	0	0	0%
8.	9.77	6.79	0	0	0%
9.	9.82	6.81	0	0	0%
10.	9.98	7.13	0	0	0%
11.	9.80	7.22	0	0	0%
12.	9.76	7.46	0	0	0%
13.	9.96	6.94	0	0	0%
14.	9.97	7.21	0	0	0%
15.	9.94	7.35	0	0	0%
16.	9.93	7.44	0	0	0%
17.	9.92	7.20	0	0	0%
18.	9.91	7.13	0	0	0%
19.	9.90	6.91	0	0	0%
20.	9.80	6.98	0	0	0%
Rata-rata Error (%)					2.21145%

Pada perhitungan mikokontroler serta RStudio diatas selanjutnya didapat nilai perhitungan *error* pada input ketiga yaitu dengan distance 9.76 dan pH 6.20 maka diperoleh perhitungan dengan nilai *error* dibawah ini.

$$Error = \frac{rstudio - mikrokontroler}{mikrokontroler} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{37.9-40.032}{40.032} \times 100\% \\
 &= \frac{2.132}{40.032} \times 100\% \\
 &= 5.326\%
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya yaitu menentukan nilai rata-rata error yang didapatkan dengan perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Error} &= \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}} \\
 &= \frac{44.229}{20} \\
 &= 2.21145\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan metode *fuzzy logic control* dengan menggunakan RStudio dan mikrokontroler maka didapatkan nilai rata-rata error sebesar 2.21145%.

Sehingga pada hasil uji coba mikrokontroler dengan RStudio dengan 20 data percobaan mendapatkan nilai rata-rata error sebesar 2.6209% untuk katup asam, 2.21145% untuk katup basa.

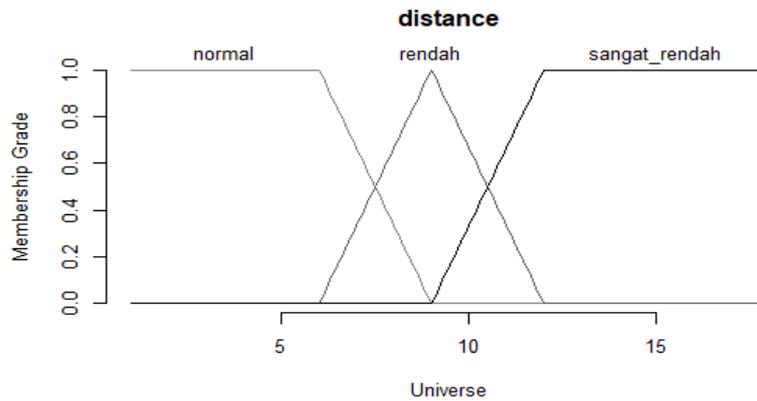
4.2. Pembahasan

4.2.1. Perhitungan *Fuzzy Logic*

4.2.1.1. Perhitungan Metode *Fuzzy Logic Control*

Perhitungan metode dengan menggunakan software RStudio. Pada perhitungan berikut ini menggunakan input nilai pembacaan sensor yang dilakukan yang ke-12 pada pukul 19.00 didapatkan pembacaan nilai sensor

HCSR-04 9.76 cm dan pembacaan sensor pH 7.46. Nilai keanggotaan distance dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. 4 Membership Function Distance

Berdasarkan data yang didapatkan, distance masuk dalam keanggotaan rendah dan sangat rendah. Untuk menghitung keanggotaan distance rendah dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{uDistance rendah} &= \frac{(c-x)}{(c-b)} \\
 &= \frac{(12 - 9.76)}{(12-9)} \\
 &= \frac{2.24}{3} \\
 &= 0.747
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan uKetinggian air rendah di atas maka diperoleh nilai sebesar 0.747. untuk menghitung membership distance sangat rendah dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{uDistance sangat rendah} = \frac{(x-a)}{(b-a)}$$

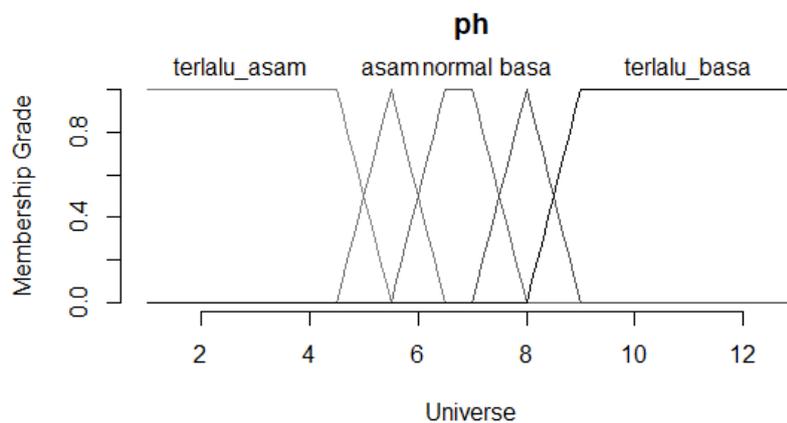
$$= \frac{(9.76-9)}{(12-9)}$$

$$= \frac{9.76}{3}$$

$$= 0.253$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai untuk distance sangat rendah sebesar 0.253.

Untuk input selanjutnya adalah nilai pH. Untuk memperoleh nilai membership pH dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 5 Membership Function pH

Berdasarkan data yang didapatkan pH akuarium masuk dalam keanggotaan normal dan basa. Untuk menghitung keanggotaan pH normal menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$u_{\text{PH normal}} = \frac{(d-x)}{(d-c)}$$

$$= \frac{(8-7.46)}{(8-7)}$$

$$= \frac{0.54}{1}$$

$$= 0.54.$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai keanggotaan pH asam sebesar 0.54.

Lalu proses menghitung membership pH basa dibawah ini.

$$u_{\text{PH basa}} = \frac{(x-a)}{(b-a)}$$

$$= \frac{(7.46-7)}{(8-7)}$$

$$= \frac{0.46}{1}$$

$$= 0.46$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai keanggotaan pH basa sebesar 0.46.

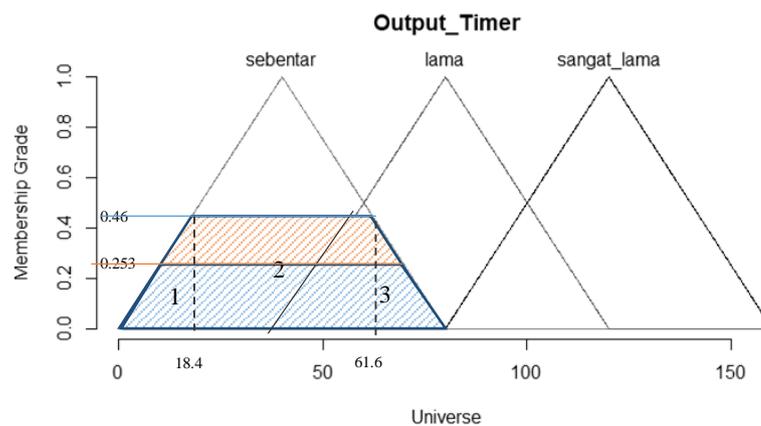
Laludilanjutkan membuat *fuzzy rule* dengan cara memperbandingkan nilai *fuzzifikasi* ada tiap input yang kemudian dicari dengan menggunakan fungsi MIN. Dimana fungsi tersebut adalah mencari nilai yang paling kecil pada setiap perbandingannya.

Tabel 4. 6 Perhitungan Fuzzy Rule

Distance	pH	Aturan	Aturan ke-
0.	0	[0 0] = 0	Aturan 1
	1	[0 0] = 0	Aturan 2
	2	[0 0] = 0	Aturan 3
	3	[0 0] = 0	Aturan 4

	4	$[0 \ 0] = 0$	Aturan 5
1.	0	$[0 \ 0] = 0$	Aturan 6
	1	$[0 \ 0] = 0$	Aturan 7
	2	$[0.747 \ 0.54] = 0.54$	Aturan 8
	3	$[0.747 \ 0.46] = 0.46$	Aturan 9
	4	$[0 \ 0] = 0$	Aturan 10
	2.	0	$[0 \ 0] = 0$	Aturan 11
1		$[0 \ 0] = 0$	Aturan 12
2		$[0.253 \ 0.54] = 0.253$	Aturan 13
3		$[0.253 \ 0.46] = 0.253$	Aturan 14
4		$[0 \ 0] = 0$	Aturan 15

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai *defuzzifikasi* dengan memakai metode *Center of Area (Centroid)*. Pada metode ini jumlah momentum dibagi dengan jumlah luas daerah sesuai fungsi *membership variable timer*.



Gambar 4. 6 Luas Daerah dan Momentum

Gambar di atas merupakan daerah hasil yang didapatkan sesuai dengan rule. Langkah pertama adalah dengan mencari nilai titik potong untuk menghitung luas dan momentum.

- Mencari nilai a1

$$\frac{x-0}{40-0} = 0.46$$

$$x = 0.46 \times 40$$

$$x = 18.4$$

- Mencari nilai a2

$$\frac{80-x}{80-40} = 0.46$$

$$80 - x = 0.46 \times 40$$

$$x = 61.6$$

Berdasarkan perhitungan di atas merupakan perhitungan nilai dari fungsi sebentar sehingga didapatkan nilai a1 sebesar 18.4 dan a2 sebesar 61.6. Sehingga didapatkan 3 daerah yang digunakan untuk menghitung luas dan momen untuk menentukan nilai *defuzzifikasi*. Berikut ini merupakan perhitungan luas dan momen berdasarkan fungsi keanggotaan *variable timer*.

- Mencari Luas Daerah Implikasi

$$L_1 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 18.4 \times 0.46$$

$$= 4.232$$

$$L_2 = (61.6 - 18.4) \times 0.46$$

$$= 43.2 \times 0.46$$

$$= 19.872$$

$$\begin{aligned} L_3 &= \frac{1}{2} x a x t \\ &= \frac{1}{2} x (80 - 61.6)x 0.46 \\ &= 4.232 \end{aligned}$$

- Mencari Momen

$$\begin{aligned} M1 &= \int_0^{18.4} (0.025z) z dz \\ &= \int_0^{18.4} (0.025z^2) dz \\ &= \int_0^{18.4} \left(\frac{0.025z^3}{3}\right) dz \\ &= 51.7048832 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= \int_{18.4}^{61.6} (0.46) z dz \\ &= \int_{18.4}^{61.6} (0.46z) dz \\ &= \int_{18.4}^{61.6} \left(\frac{0.46z^2}{2}\right) dz \\ &= 794.88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M3 &= \int_{61.6}^{80} (2 - 0.025z) z dz \\ &= \int_{61.6}^{80} (2z - 0.025z^2) dz \\ &= \int_{61.6}^{80} (z^2 - 0.00833z^3) dz \\ &= 287.57498 \end{aligned}$$

Langkah terakhir adalah menentukan nilai *defuzzifikasi*. Untuk menentukan nilai *defuzzifikasi* adalah dengan memakai metode *Center of*

Area (Centroid) pada proses *defuzzifikasi* dengan menggunakan persamaan dibawah.

a. *Defuzzifikasi (Asam)*

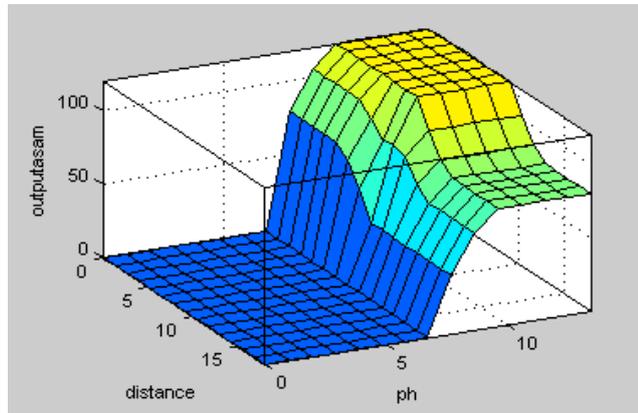
$$\begin{aligned}
 &= \frac{M1+M2+M3}{L1+L2+L3} \\
 &= \frac{51.7048832+794.88+287.57498}{4.232+19.872+4.232} \\
 &= 40.025 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. *Defuzzifikasi (Basa)*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M1+M2+M3}{L1+L2+L3} \\
 &= \frac{0+0+0}{0+0+0} \\
 &= 0 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

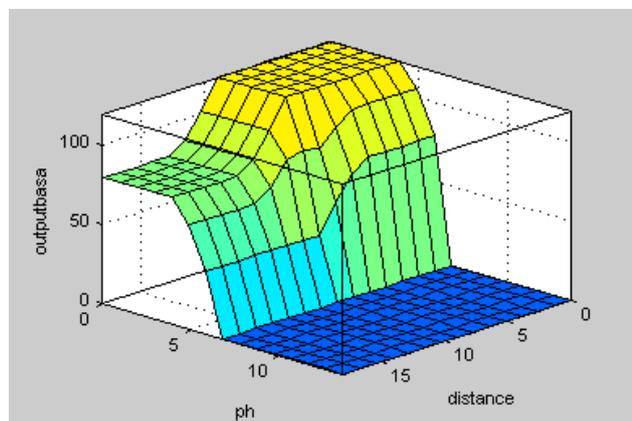
Berdasarkan perhitungan *defuzzifikasi* basa di atas, nilai momen dan luas daerah implikasi bernilai 0 karena pada rule di atas basa bernilai mati. Sehingga output dari perhitungan di atas adalah katup asam sebentar dengan lama waktu 40,02 detik dan katup basa mati.

Berikut merupakan bentuk dimensi dari output katup asam.



Gambar 4. 7 Dimensi Fuzzy Logic Output Katup Asam
Dimensi diatas merupakan gambar dari perhitungan yang dipakai

dengan variabel distance dan pH yang berpengaruh pada timer asam. Warna biru menunjukkan daerah timer terhadap distance dan pH yang paling rendah serta pada warna kuning yang menandakan daerah timer dengan nilai yang tertinggi. Berikut merupakan bentuk dimensi dari output katup basa..



Gambar 4. 8 Dimensi Fuzzy Logic Output Katup Basa

Dimensi diatas merupakan gambar dimensi perhitungan yang dipakai dengan variabel distance dan pH yang berpengaruh pada nilai timer basa. Warna dasar biru menunjukkan daerah timer terhadap distance dan pH yang terendah serta warna kuning menandakan daerah timer yang tertinggi.

4.2.1.2. Source Code Mikrokontroler

Langkah yang diambil pertama kali yaitu mencari *fuzzifikasi* setiap nilai dari nilai input. *Fuzzifikasi* dilakukan mendapatkan nilai *fuzzifikasi* distance dan pH dengan source code dibawah ini.

Source code fuzzifikasi distance :

```
// Fungsi Keanggotaan
void distance_trapesium(float a, float b, float c, float d) {
  if ((distance < a) || (distance > d))
    u_distance = 0;
  if ((distance >= a) && (distance < b))
    u_distance = (distance - a) / (b - a);
  if ((distance >= b) && (distance <= c))
    u_distance = 1;
  if ((distance > c) && (distance <= d))
    u_distance = (d - distance) / (d - c);
}

void distance_segitiga(float a, float b, float c) {
  if ((distance < a) || (distance > c))
    u_distance = 0;
  if ((distance >= a) && (distance < b))
    u_distance = (distance - a) / (b - a);
  if ((distance >= b) && (distance <= c))
    u_distance = (c - distance) / (c - b);
}

// Membership Function Distance
distance_trapesium(a = 0, b = 0, c = 6, d = 9);
normal = u_distance;
distance_segitiga(a = 6, b = 9, c = 12);
rendah = u_distance;
distance_trapesium(a = 9, b = 12, c = 18, d = 18);
sangat_rendah = u_distance;
```

Berdasarkan source code di atas, memiliki 2 versi perhitungan yaitu kurva trapesium dan kurva segitiga. Pada kurva trapesium menggunakan 4 parameter sedangkan pada kurva segitiga menggunakan 3 parameter. Source

code di atas didasarkan pada rule base yang telah ditentukan. `u_distance` menunjukkan derajat keanggotaan. Hasil dari fuzzifikasi akan disimpan pada variable normal, rendah dan sangat_rendah.

Source code fuzzifikasi pH :

```

void ph_trapesium(float a, float b, float c, float d) {
    if ((ph < a) || (ph > d))
        u_ph = 0;
    if ((ph >= a) && (ph < b))
        u_ph = (ph - a) / (b - a);
    if ((ph >= b) && (ph <= c))
        u_ph = 1;
    if ((ph > c) && (ph <= d))
        u_ph = (d - ph) / (d - c);
}
void ph_segitiga(float a, float b, float c) {
    if ((ph < a) || (ph > c))
        u_ph = 0;
    if ((ph >= a) && (ph < b))
        u_ph = (ph - a) / (b - a);
    if ((ph >= b) && (ph <= c))
        u_ph = (c - ph) / (c - b);
}
// Membership Function pH
ph_trapesium(a = 0, b = 0, c = 4.5, d = 5.5);
terlalu_asam = u_ph;
ph_segitiga(a = 4.5, b = 5.5, c = 6.5);
asam = u_ph;
ph_trapesium(a = 5.5, b = 6.5, c = 7, d = 8);
normal = u_ph;
ph_segitiga(a = 7, b = 8, c = 9);
basa = u_ph;
ph_trapesium(a = 8, b = 9, c = 13.5, d = 13.5);
terlalu_basa = u_ph;

```

Source code di atas merupakan source code *fuzzifikasi* pH yang juga memiliki 2 versi perhitungan. Yang pertama adalah kurva trapesium dan yang kedua adalah kurva segitiga. `u_ph` menunjukkan derajat keanggotaan. Fuzzifikasi pH memiliki nilai rentang 0 sampai 9. Dalam *source code* diatas,

hasil fuzzifikasi akan disimpan pada variable `terlalu_asam`, `asam`, `normal`, `basa`, dan `terlalu_basa`.

Source code fuzzifikasi timer :

```
// Membership Function Timer
float sebentar_a = 0; float sebentar_b = 40; float sebentar_c = 80;
float lama_a = 40; float lama_b = 80; float lama_c = 120;
float sangatlama_a = 80; float sangatlama_b = 120; float
```

Source code di atas merupakan *source code fuzzifikasi timer*.

Variable *timer* memiliki 3 keanggotaan yaitu sebentar lama dan sangat lama.

Variable *timer* sebentar memiliki rentang 0 sampai 80, untuk variable *timer* lama memiliki rentang 40 sampai 120, sedangkan variable *timer* sangat lama memiliki rentang 80 sampai 160.

Source code luas:

```
// Luas
float luas_mati = 0;
float luas_sebentar = (sebentar_c - sebentar_a) * 1 / 2;
float luas_lama = (lama_c - lama_a) * 1 / 2;
float luas_sangatlama = (sangatlama_c - sangatlama_a) * 1 / 2;

float luas_asam[] = {luas_mati, luas_mati, luas_mati, luas_lama,
luas_sangatlama, luas_mati, luas_mati, luas_mati, luas_sebentar,
luas_sangatlama, luas_mati, luas_mati, luas_mati, luas_sebentar,
luas_lama
};
float luas_basa[] = {luas_sangatlama, luas_lama, luas_mati,
luas_mati, luas_mati, luas_sangatlama, luas_sebentar, luas_mati,
luas_mati, luas_mati, luas_lama, luas_sebentar, luas_mati,
luas_mati, luas_mati
};
```

Source code di atas merupakan *source code* luas yang memiliki 3 variable yaitu `luas_sebentar`, `luas_mati` dan `luas_lama`. Nilai luas didapatkan

dengan menghitung alas dikalikan tinggi lalu dibagi 2. Dimana panjang alas merupakan selisih antara range maksimal keanggotaan dikurangi range minimal keanggotaan. Untuk array luas_asam dan array luas_basa memiliki masing-masing 15 nilai sesuai dengan *rule base* yang akan digunakan untuk perhitungan *defuzzifikasi*.

Source code CoA:

```
// CoA
float CoA_mati = 0;
float CoA_sebentar = luas_sebentar + sebentar_a;
float CoA_lama = luas_lama + lama_a;
float CoA_sangatlama = luas_sangatlama + sangatlama_a;

float CoA_asam[] = {CoA_mati, CoA_mati, CoA_mati,
CoA_lama, CoA_sangatlama, _mati, CoA_mati, CoA_mati,
CoA_sebentar, CoA_sangatlama, CoA_mati, CoA_mati,
CoA_mati, CoA_sebentar, CoA_lama
};
float CoA_basa[] = {CoA_sangatlama, CoA_lama,
CoA_mati, CoA_mati, CoA_mati, CoA_sangatlama,
CoA_sebentar, CoA_mati, CoA_mati, CoA_mati, CoA_lama,
CoA_sebentar, CoA_mati, CoA_mati, CoA_mati
};
```

Source code di atas merupakan *source code* CoA yang memiliki 3 variable yaitu CoA_sebentar, CoA_mati dan CoA_lama. Nilai CoA didapatkan dengan menghitung luas keanggotaan dikurangi range minimum. Untuk array CoA_asam dan array CoA_basa memiliki masing-masing 15 nilai sesuai dengan *rule base* yang akan digunakan untuk perhitungan *defuzzifikasi*.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan menggunakan fungsi MIN dengan cara membandingkan hasil *fuzzifikasi* pada

setiap inputan untuk menentukan aturan *fuzzy*. Berikut merupakan *source code* untuk mendapatkan rule.

Source code rule base :

```
// Fuzzy Rule Base
float rule[] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
rule[0] = min(normal, terlalu_asam);
rule[1] = min(normal, asam);
rule[2] = min(normal, normal);
rule[3] = min(normal, basa);
rule[4] = min(normal, terlalu_basa);
rule[5] = min(rendah, terlalu_asam);
rule[6] = min(rendah, asam);
rule[7] = min(rendah, normal);
rule[8] = min(rendah, basa);
rule[9] = min(rendah, terlalu_basa);
rule[10] = min(sangat_rendah, terlalu_asam);
rule[11] = min(sangat_rendah, asam);
rule[12] = min(sangat_rendah, normal);
rule[13] = min(sangat_rendah, basa);
rule[14] = min(sangat_rendah, terlalu_basa);
```

Berdasarkan source code di atas didapatkan 15 aturan *fuzzy* dari 2 inputan yaitu distance yang memiliki 3 keanggotaan dan pH yang memiliki 5 keanggotaan.

Langkah yang terakhir adalah menghitung *defuzzifikasi*. Proses defuzzifikasi diperoleh dengan menggunakan perhitungan dengan metode *Center of Area* (CoA). Untuk mendapatkan nilai defuzzifikasi dilakukan dengan proses penjumlahan dari perkalian setiap rule dengan luas dan titik tengah dari keanggotaan timer dibagi dengan penjumlahan dari perkalian setiap rule dengan luas. Pada penelitian ini memiliki 2 output yaitu timer asam dan timer basa. Di bawah ini merupakan source code dari perhitungan defuzzifikasi.

Source code defuzzifikasi:

```
// Defuzzifikasi
float pembilang_asam = 0; float pembilang_basa = 0;
float penyebut_asam = 0; float penyebut_basa = 0;
float timer_asam = 0;
float timer_basa = 0;

// Output Asam
for (i = 0; i <= (sizeof(rule) / sizeof(rule[0])) - 1; i++) {
    pembilang_asam += rule[i] * CoA_asam[i] * luas_asam[i];
    pembilang_basa += rule[i] * CoA_basa[i] * luas_basa[i];
    penyebut_asam += rule[i] * luas_asam[i];
    penyebut_basa += rule[i] * luas_basa[i];
}
if (pembilang_asam == penyebut_asam)
    timer_asam = 0;
else
    timer_asam = pembilang_asam / penyebut_asam;
if (pembilang_basa == penyebut_basa)
    timer_basa = 0;
else
    timer_basa = pembilang_basa / penyebut_basa;
```

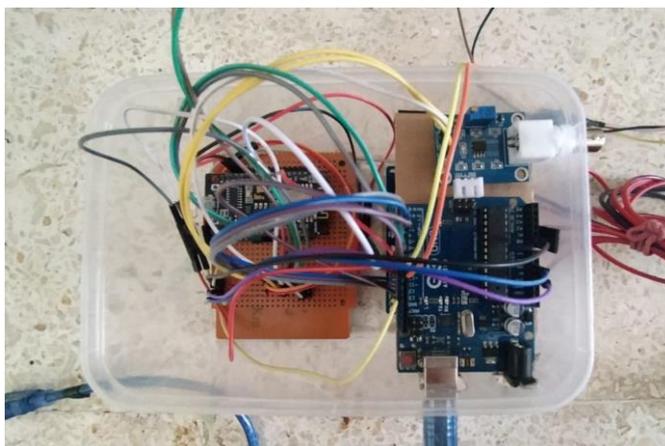
Pada *source code* diatas akan didapatkan hasil output berupa timer untuk digunakan sebagai penentu lama waktu yang digunakan untuk menyalakan katup selenoid agar pH menjadi sesuai.

4.2.2. Sistem Hardware

4.2.2.1. Rangkaian Sistem

Arduino Uno ATmega328 sebagai mikrokontroler digunakan sebagai pengolah utama dari data input. Mulai dari pembacaan sensor pH dan ketinggian air, mengatur katup selenoid dengan memberikan perintah pada relay. Pemrosesan data pada arduino dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy logic control* dengan output yang dihasilkan yaitu seberapa lama katup

solenoid mengeluarkan cairan asam atau basa untuk menyesuaikan nilai pH air akuarium. Data selanjutnya dikirim ke nodemcu yang kemudian dikirimkan ke laman web internet.



Gambar 4. 9 Rangkaian Sistem

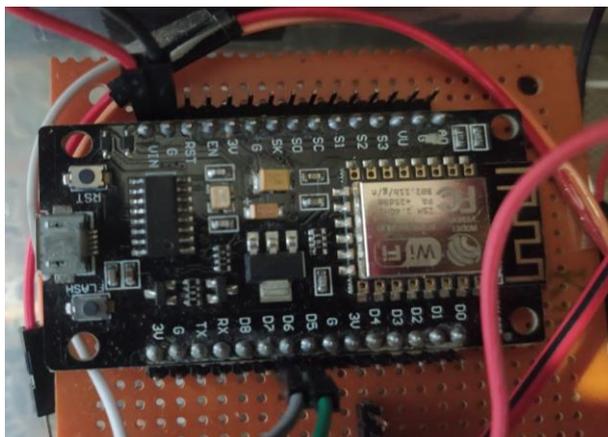
Pada gambar di atas merupakan rangkaian untuk kontrol pH air otomatis. Sensor pH memiliki PO, GND dan VCC yang dihubungkan dengan arduino. Pin PO dihubungkan dengan arduino melalui pin analog A0. Untuk sensor *ultrasonic* menggunakan pin VCC, ECHO, TRIG dan GND. Pin yang digunakan untuk mengirim data berupa ECHO yang terhubung dengan pin digital 9 dan TRIG terhubung dengan pin digital 8 pada arduino.

Relay pada rangkaian ini digunakan untuk mengatur katup solenoid yang memberikan perintah menyala atau mati. Relay yang digunakan memiliki 4 channel. Namun pada penelitian ini hanya menggunakan channel 1 dan channel 2. Channel pertama digunakan untuk mengatur solenoid asam dan channel kedua digunakan untuk mengatur solenoid basa. Dari 3 port pada relay yaitu port NC, COM, dan NO, penelitian ini menggunakan port COM

yang terhubung ke adaptor 12v dan port NC yang akan terhubung ke katup solenoid. Kemudian relay tersambung dengan arduino melalui port digital yaitu D2, D3, D4 dan D7.

4.2.2.2. NodeMCU ESP8266

Penelitian ini memakai NodeMCU ESP8266. NodeMCU disini digunakan untuk menerima data dari arduino dan selanjutnya dikirimkan ke server sehingga data dapat ditampilkan pada halaman *web*. Dibawah ini merupakan gambar dari Rangkaian NodeMCU.



Gambar 4. 10 Rangkaian *NodeMCU*

Data yang telah diolah dengan logika *fuzzy* dikirimkan melalui arduino melalui pin digital 5 dan 6 kemudian akan diterima oleh *NodeMCU* melalui *serial communication* pin D5 dan D6. Kemudian data akan dikirimkan ke server melalui *wi-Fi*.

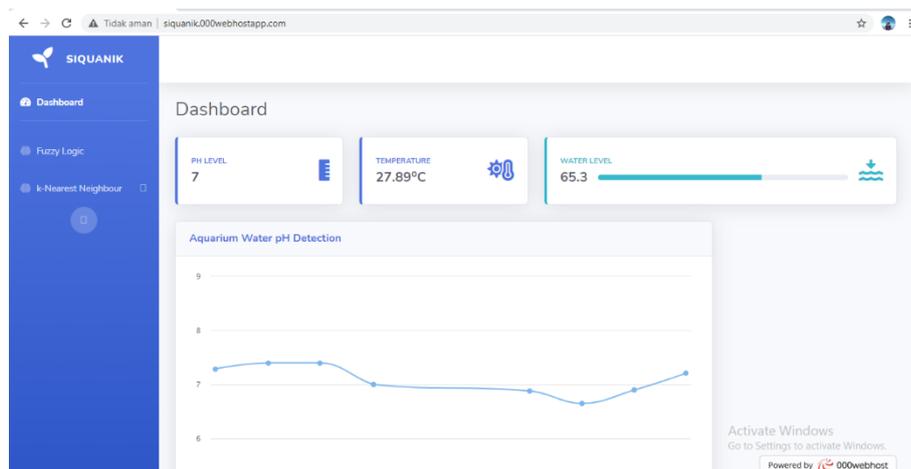
4.2.3. Sistem Interface

Sistem interface dalam penelitian ini memakai *Hypertext Preprocessor* (PHP) serta menggunakan CSS Bootstrap dengan framework Code Igniter. Hosting

website ini menggunakan hosting dari 000webhost.com. untuk membuka website Siquanik dapat menuju ke link “<http://siquanik.000webhostapp.com>”.

4.2.3.1. Dashboard

Dashboard yaitu halaman utama yang pertama kali ditampilkan saat user mulai membuka website “Siquanik”. Halaman ini berisi tentang pembacaan sensor yang meliputi tampilan pembacaan sensor *ultrasonic* dan tampilan pembacaan sensor pH serta temperature. Berikut ini yaitu tampilan halaman pada tampilan dashboard.

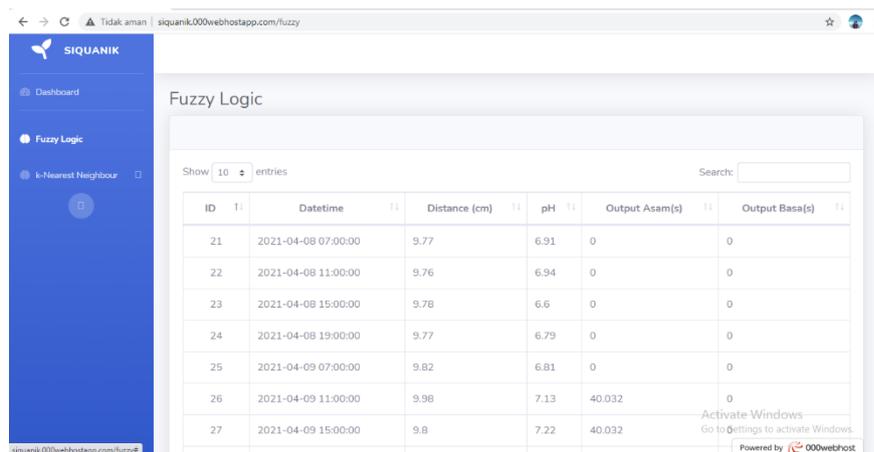


Gambar 4. 11 Tampilan Dashboard

Pada halaman ini dilengkapi dengan grafik pembacaan nilai pH setiap 4 jam sekali. Pada pembacaan sensor *ultrasonic* didapatkan nilai *distance* yang digunakan untuk menghitung volume sehingga didapatkan nilai *water level*.

4.2.3.2. Halaman Fuzzy Logic

Pada halaman *fuzzy logic* terdapat sebuah tabel yang menampilkan pembacaan sensor *ultrasonic* dan sensor pH. Pada tabel ini juga dilengkapi dengan tanggal dan waktu pengambilan data sensor.



The screenshot shows a web interface for 'SIQUANIK' with a 'Fuzzy Logic' section. It features a table with 7 columns: ID, Datetime, Distance (cm), pH, Output Asam(s), and Output Basa(s). The table contains 7 rows of data, with the last two rows showing non-zero output values for 'Output Asam(s)'.

ID	Datetime	Distance (cm)	pH	Output Asam(s)	Output Basa(s)
21	2021-04-08 07:00:00	9.77	6.91	0	0
22	2021-04-08 11:00:00	9.76	6.94	0	0
23	2021-04-08 15:00:00	9.78	6.6	0	0
24	2021-04-08 19:00:00	9.77	6.79	0	0
25	2021-04-09 07:00:00	9.82	6.81	0	0
26	2021-04-09 11:00:00	9.98	7.13	40.032	0
27	2021-04-09 15:00:00	9.8	7.22	40.032	0

Gambar 4. 12 Halaman Fuzzy Logic

Pada tabel di atas juga menampilkan hasil perhitungan metode *fuzzy logic* dengan output berupa seberapa lama katup asam dan katup basa mengeluarkan cairan. Output yang dihasilkan dalam satuan detik.

4.2.4. Sistem Aquaponik

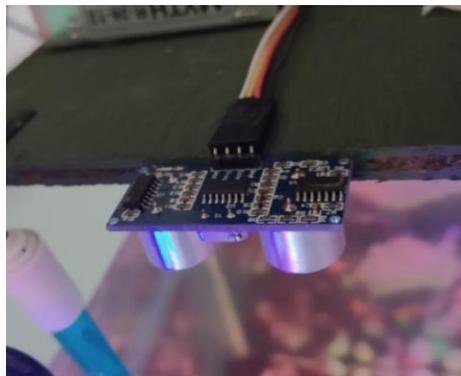
Penyesuaian pH akuarium pada sistem aquaponik dilakukan sebanyak 4 kali dalam sehari yaitu pada pukul 07.00, 11.00, 15.00, dan 19.00. Ikan gurami berusia 4-5 bulan diletakkan di akuarium yang berukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm dan tinggi 35 cm. Akuarium diberi sirkulasi oksigen yang cukup dan ikan diberi pakan dua kali sehari untuk pertumbuhan yang lebih optimal. Air akuarium yang mengandung nutrisi

dari kotoran ikan dialirkan ke dutch bucket tanaman kangkung. Kemudian air dari dutch bucket akan dialirkan kembali ke akuarium.



Gambar 4. 13 Rangkaian Sistem Aquaponik

Sensor *ultrasonic* harus berada tepat di atas permukaan air agar ketinggian dapat sesuai. Sensor *ultrasonic* akan membaca jarak antara sensor *ultrasonic* dengan permukaan air sehingga volume air akuarium dapat diketahui. Berikut merupakan gambaran peletakan sensor *ultrasonic* pada akuarium.



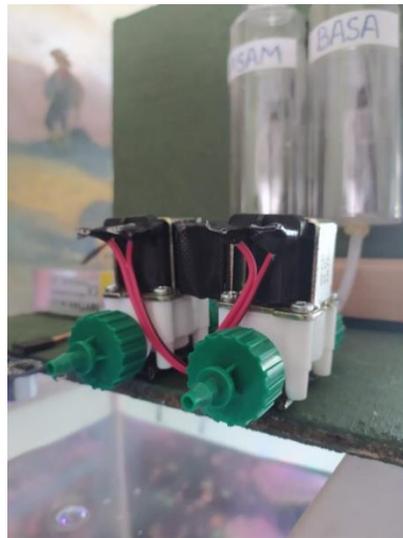
Gambar 4. 14 Sensor *Ultrasonic* pada Akuarium

Sensor *ultrasonic* diletakkan pada ujung papan menghadap ke bawah untuk mengetahui tinggi permukaan air ada akuarium. Penempatan papan yang digunakan setara dengan tinggi akuarium. Selanjutnya pemasangan *Module pH Meter Sensor* pada air akuarium ditempatkan menggantung pada papan. Pemasangan sensor pH dilakukan dengan memasukkan *Module pH Meter Sensor* ke dalam air akuarium. Berikut merupakan gambar peletakan sensor pada air akuarium.



Gambar 4. 15 *Module pH Meter Sensor* pada Air Akuarium

Ujung sensor pH yang berwarna biru dimasukkan kedalam air untuk mendapatkan nilai input pH. Untuk output menggunakan 2 katup selenoid yang di hubungkan dengan tabung berisi 250 ml cairan asam dan basa melalui selang 7 mm. Tabung diletakkan lebih tinggi daripada katup selenoid sehingga cairan asam dan basa dapat di teteskan ke bawah.



Gambar 4. 16 Katup Pengaturan pH

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil output sebanyak empat tetes cairan per detik. Air yang keluar dari katup akan langsung menetes kedalam akuarium.

4.3. Integrasi Islam

Dengan pemeliharaan yang tepat diharapkan dapat menjaga suatu kehidupan dengan baik dan tidak boleh merusaknya. Hal tersebut dijelaskan dengan tafsir jalalyn Surat Al-Maidah ayat 32. “(Oleh sebab itu) artinya karena perbuatan Qabil itu tadi (Kami tetapkan bagi Bani Israel bahwa sesungguhnya) innahu disebut dhamir sya`n (siapa yang membunuh seorang manusia bukan karena manusia lainnya) yang dibunuhnya (atau) bukan karena (kerusakan) yang diperbuatnya (di muka bumi) berupa kekafiran, perzinaan atau perampokan dan sebagainya (maka seolah-olah dia telah membunuh manusia kesemuanya. Sebaliknya siapa yang memelihara kehidupannya) artinya tidak hendak membunuhnya (maka seolah-olah ia telah memelihara kehidupan manusia

seluruhnya.) Kata Ibnu Abbas, "Ini dilihat dari segi melanggar kesuciannya dan dari segi memelihara serta menjaganya." (dan sesungguhnya telah datang kepada mereka itu) yakni kepada orang-orang Israel (rasul-rasul Kami membawa keterangan-keterangan yang jelas) maksudnya mukjizat-mukjizat (kemudian banyak di antara mereka sesudah itu melampaui batas dalam berbuat kerusakan di muka bumi) dengan kekafiran, melakukan pembunuhan dan lain-lain."

Pada hasil penelitian, hasil yang didapat yaitu berupa penyesuaian kondisi pH air sesuai dengan yang diperlukan oleh ikan. Air dengan berbagai kandungan di dalamnya sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia, hewan dan tumbuhan. Allah menciptakan air dengan kelebihan-kelebihan yang bermanfaat bagi bumi serta bagi kehidupan di dalamnya. Allah berfirman dalam Al-Quran Al-Mu'minin (23): 18-22 sebagai berikut:

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنْتَهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ
 لَقَادِرُونَ ﴿١٨﴾ فَأَنْشَأْنَا لَكُمْ بِهِ جَنَّاتٍ مِنْ نَجِيلٍ وَأَعْتَبْنَا لَكُمْ فِيهَا
 فَوَاكِهَ كَثِيرَةً وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿١٩﴾ وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ طُورِ سَيْنَاءَ
 تَنْبُتُ بِالذَّهْنِ وَصَبِغٍ لِللَّاكِلِينَ ﴿٢٠﴾ وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً
 نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿٢١﴾
 وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفَلَاحِ تُحْمَلُونَ ﴿٢٢﴾

Artinya: "Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran: lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa menghilangkannya. Lalu dengan air itu Kami tumbuhkan untuk kalian kebun-kebun kurma dan anggur; di dalam kebun-kebun itu kalian peroleh buah-

buah-buahan yang banyak dan sebagian dari buah-buahan itu kalian makan, dan pohon kayu yang keluar dari Tursina (pohon Zaitun), yang menghasilkan minyak, dan lezat makanan bagi orang-orang yang makan. Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kalian, Kami memberi minum kalian dari air susu yang ada dalam perutnya; dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kalian, dan sebagian darinya kalian makan, dan di atas punggung binatang-binatang ternak itu dan (juga) di atas perahu-perahu kalian diangkat”.

Dalam tafsir Jalalyn, ayat diatas memiliki tafsir sebagai berikut: (Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran) berdasarkan kecukupan mereka (lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa menghilangkannya) jika demikian mereka pasti akan mati bersama dengan hewan ternak mereka karena kehausan. (Lalu dengan air itu, Kami tumbuhkan untuk kalian kebun-kebun kurma dan anggur) kedua jenis buah-buahan ini kebanyakan terdapat di negeri Arab (di dalam kebun-kebun itu kalian peroleh buah-buahan yang banyak dan sebagian dari buah-buahan itu kalian makan) di waktu musim panas dan musim dingin. (Dan) Kami tumbuhkan pula (pohon kayu yang asal tumbuhnya dari Thursina) dapat dibaca Sina dan Saina dengan tidak menerima Tanwin karena menjadi ‘Alamiyah, artinya nama sebuah bukit. Jika tidak menerima tanwin karena Illat Ta’nits, maka berarti nama suatu lembah (yang menghasilkan) dapat dibaca Tunbitu dan Tanbutu (minyak) bila menurut bacaan Tunbitu maka huruf Ba dianggap huruf Zaidah, bila menurut bacaan yang kedua yaitu Tanbutu maka huruf Ba dianggap sebagai huruf Ta’diyah yang

menggandengkan Fi'il dengan Ma'ful, pohon yang dimaksud adalah pohon Zaitun (dan sebagai penyedap bagi orang-orang yang makan) lafal ini di'athafkan kepada lafal Bid Duhni, sehingga dibaca Wa Shibghin Lil Aakiliina. Artinya, sebagai penyedap suapan yang dicelupkan kepadanya kemudian dimakan, yang dimaksud adalah minyak Zaitun tersebut. (Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak bagi kalian) yakni unta, sapi dan kambing (benar-benar terdapat pelajaran yang penting) bahan pelajaran yang kalian dapat mengambil manfaat besar daripadanya (Kami memberi minum kalian) dapat dibaca Nasqiikum dan Nusqiikum (dari apa yang ada di dalam perutnya) yakni air susu (dan juga pada hewan ternak itu terdapat faedah yang banyak bagi kalian) dari bulu domba, unta dan kambing serta manfaat-manfaat yang lainnya (dan sebagian daripadanya kalian makan). (Dan di atas punggung-punggung ternak itu) khususnya unta (dan juga di atas bahtera) yaitu perahu-perahu dan kapal-kapal (kalian diangkut) (Al-Mahalli & Jalaludin, 2018).

Allah SWT juga memerintahkan makhluknya untuk tidak membuat kerusakan di muka bumi. Beberapa ayat di dalam Al-Quran juga menjelaskan tentang pemeliharaan makhluk hidup. Bahwa Allah SWT senantiasa menjaga dan melindungi makhluknya, termasuk binatang dengan memberi makan dan memonitoring tempat tinggalnya. Allah SWT berfirman dalam QS. Hud (11): 6 sebagai berikut:

وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا
وَمُسْتَوْدَعَهَا ۗ كُلٌّ فِي كِتَابٍ مُبِينٍ

Artinya : *“Dan tidak ada suatu binatang melatapun di bumi melainkan Allahlah yang memberi rezkinya, dan Dia mengetahui tempat berdiam binatang itu*

dan tempat penyimpanannya. Semuanya tertulis dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)''.

Berdasarkan ayat diatas dapat dijelaskan bahwa Allah SWT telah menjamin rezeki semua makhluknya, baik yang berjalan, merayap, melata, maupun yang bergerak dan bernyawa. Allah SWT telah memberi semua makhluk ciptaannya naluri serta keampuan-kemampuan dalam hal mencari rezeki berdasarkan fitrah kejadiannya. Allah maha mengetahui tempat kediamannya selama hidup dan Allah mengetahui tempat penyimpanannya setelah mati. Semua itu sudah tertulis dan diatur serapi-rapinya dalam Kitab yang nyata, yaitu Lauh Mahfuz, perihal perencanaan dan pelaksanaan dari seluruh ciptaan Allah secara menyeluruh dan sempurna. Selain itu, kita juga dianjurkan untuk berbuat baik terhadap makhluk Allah. Berbuat baik dalam hal ini dapat dicontohkan dengan memelihara dan melindungi binatang dengan cara memberikan makanannya, sebagaimana sabda Rasulullah SAW.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمْ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ ... وَعَلَى الَّذِي يَرْكَبُ وَيَشْرَبُ النَّفَقَةُ

Artinya: *“Dari Abu Hurairah, berkata: Rasulullah saw bersabda: “Orang yang menunggangi dan meminum (susunya) wajib memberinya makanan”.* (HR. Bukhari)

Dari penelitian yang diambil, sesuai dengan ayat di atas dapat dijelaskan bahwa air sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia, hewan dan tumbuhan. Dalam surah diatas juga terapat kata biqadar (sesuai ukuran) yang menunjukkan arti keseimbangan. Dengan begitu air dengan kadar yang diperlukan

akan memiliki manfaat dan dapat memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Salah satu contohnya ikan gurami dalam sistem aquaponik beserta sistem yang berada di atasnya yaitu tumbuhan. Jika kondisi air yang dibutuhkan oleh ikan gurami dalam kondisi baik, maka pertumbuhan ikan juga tidak akan terganggu. Dengan menjaga kadar *potential of Hydrogen* (pH) tetap stabil serta memberi makan ikan secara teratur diharapkan ikan akan tetap dalam kondisi baik.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian serta pembahasan pada penelitian adalah perancangan hardware sistem pengaturan pH otomatis telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Control*. Perancangan dimulai dengan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler dan dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266 untuk membaca sensor dan kendali relay serta pompa DC motor untuk alat pengaturan pH otomatis pada sistem Aquaponik.

Dalam penelitian ini perhitungan metode *Fuzzy Logic Control* yang mana terdapat langkah-langkah berupa *fuzzyfikasi*, lalu pembuatan rule, dan mencari nilai akhir dengan defuzzifikasi. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data sebanyak empat kali dalam satu hari. Nilai yang didapatkan dari output pemrograman selanjutnya dibandingkan dengan nilai yang didapatkan dari perhitungan menggunakan RStudio dan mendapatkan nilai rata-rata error sebesar 2.6209% untuk katup asam dan 2.21145% untuk katup basa. Semua sensor juga dapat berfungsi dengan baik. Baik sensor *ultrasonik* dan sensor pH (pH module sensor). Dimana pada masing-masing sensor memiliki nilai error sebesar 1.68% untuk sensor *ultrasonic* dan nilai error sebesar 3,67% untuk pH module sensor.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, tentunya masih terdapat banyak sekali kekurangan. Oleh karena itu penulis mempunyai beberapa saran yang dapat dikembangkan dalam penelitian lanjutan sebagai berikut di bawah ini.

1. Pada penelitian yang telah dilakukan, masih menggunakan penyolderan manual dalam tata perancangan rangkaian elektroniknya, selanjutnya diharapkan sekali kedepannya agar dapat menggunakan PCB cetak untuk rangkaian agar rangkaian menjadi lebih efisien dan rapi.

2. Pengembangan untuk alat selanjutnya diharapkan selain menggunakan sistem pengatur pH otomatis agar diberi tambahan. Berupa pemberian pakan ikan otomatis. Sehingga perawatan ikan dalam sistem aquaponik dapat lebih mudah dilakukan serta ikan bisa tumbuh dengan sangat maksimal.
3. Sistem yang dibuat pada penelitian ini masih mendasar yaitu berupa sistem pengatur pH otomatis dengan menggunakan dua sensor yaitu sensor pH dan sensor ketinggian air. Untuk kedepannya agar dapat ditambah sensor-sensor lain seperti sensor pengatur suhu, tingkat kekeruhan air, oksigen terlarut dan temperatur udara agar kinerja sistem menjadi lebih optimal.
4. Diharapkan kedepannya mampu dikembangkan dengan menggunakan aplikasi mobile.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2018, Maret 25). Diambil kembali dari <https://kkp.go.id/djpb/artikel/3131-teknologi-akuakultur-jawaban-hadapi-tantangan-krisis-air-dan-pangan>
- Alblitary , F. K. (2017). RANCANG BANGUN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN OTOMATIS PADA KOLAM IKAN GURAMI BERBASIS ARDUINO.
- Atzori, L., Lera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *ELSEVIER*, 2787.
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., . . . Berckmans, D. (2017). Precision fish farming A new framework to improve production in aquaculture. *ELSEVIER*.
- Gaoa, G., Xiaob, K., & Chenc , M. (2019). An intelligent IoT-based control and traceability system to forecast and maintain water quality in freshwater fish farms. *ELSEVIER*.
- Geetha, S., & Gouthami, S. (2017). Internet of things enabled real time water quality monitoring system. Springer.
- Guntoro, D., Setiawan, G. E., & Fitriyah, H. (2019). Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* .
- Henriksson, P. J., Guinée, J. B., Kleijn, R., & Snoo, G. R. (2011). Life cycle assessment of aquaculture systems—a review of methodologies. *Springer*.
- Hernandez, S. C., & Jimenez, L. D. (2018). A Brief Analysis of an Integrated Fish-Plant System through Phase Planes. *ELSEVIER*.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart Aquaponics System for Urban Farming. *ELSEVIER*.
- Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2014). The internet of things: a survey. Springer.
- Miller , S., Wagner , C., & Garibaldi , J. M. (2011). A Fuzzy Toolbox for the R Programming Language. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*.
- Patel, K. K., & Patel, S. M. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *IJESC*, 6122.
- Pertanian, K. (2019). Statistik Lahan Pertanian Tahun 2014-2018. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian 2019.
- Pinho, S. M., Mello, G. L., Fitzsimmons, M. K., & Emerenciano, M. G. (2017). Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. Springer.
- Ru, D., Liu, J., Hu, Z., Zou, Y., Jiang, L., Cheng, X., & Lv, Z. (2017). Improvement of aquaponic performance through micro and macro-nutrient addition. Springer.

- Saravanan, K., Anusuya, E., Kumar, R., & Son, L. H. (2018). Real-time water quality monitoring using Internet of Things in SCADA. Springer.
- Satriadi, A., Wahyudi, & Chrstiyono, Y. (2019). PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU. *TRANSIENT*, 64-71.
- Setyaningrum, N. (2016). Teknik Pembesaran Ikan Gurami.
- Sudradjat. (2008). *Dasar Dasar Fuzzy Logic*. Bandung
- Tran, N., Rodriguezb, U. -P., Chan, C. Y., Mohana, C. V., Henriksson, P. J., Koeshendranad, S., . . . Halla, S. (2017). Indonesian aquaculture futures: An analysis of fish supply and demand in Indonesia to 2030 and role of aquaculture using the AsiaFish model. *ELSEVIER*.
- Yanwari, M. I. (2017). PENGANTAR ELEMEN LOGIKA FUZZY. *POROS TEKNIK*, 1-4.
- Yolanda, D., Hindersah, H., Hadiatna, F., & Triawan, M. A. (2016). Implementation of Real-Time Fuzzy Logic Control for NFT-Based Hydroponic System on Internet of Things Environment. *IEEE*.
- Zarazua, G. M., Garcia, E. R., Ocampo, R., Gonzalez, R., & Ruiz, G. H. (2009). Fuzzy-logic-based feeder system for intensive tilapia production (*Oreochromis niloticus*). *Springer*.
- Zarazua, G. M., Vera, R. P., Garcia, E. R., Ayala, M. T., Velazquez, R. O., & Ruiz, G. H. (2010). An automated recirculation aquaculture system based on *fuzzy logic control* for aquaculture production of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Springer*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Uji Coba Pembacaan Sensor *Ultrasonic* dan Sensor pH Meter pada Air Aquarium Berisi Ikan Gurami serta Hasil Output Logika *Fuzzy* pada Mikrokontroller.

id_sensor	dt_sensor	distances	ph	output_ asam	output_ basa
1	03/04/2021 08.00.00	9,01	6,80	0	0
2	03/04/2021 11.00.00	9,04	6,91	0	0
3	03/04/2021 15.00.00	9,08	7,03	24.1	0
4	03/04/2021 19.00.00	9,03	7,15	35.6	0
5	04/04/2021 08.00.00	8,98	7,30	38.7	0
6	04/04/2021 11.00.00	9,33	7,29	37.8	0
7	04/04/2021 15.00.00	9,09	7,41	38.6	0
8	04/04/2021 19.00.00	9,15	7,53	39.1	0
9	05/04/2021 08.00.00	9,21	7,55	39.1	0
10	05/04/2021 11.00.00	9,63	7,59	39.2	0
11	05/04/2021 15.00.00	9,76	7,50	39	0
12	05/04/2021 19.00.00	9,86	7,49	38.9	0
13	06/04/2021 08.00.00	9,86	7,51	39	0
14	06/04/2021 11.00.00	9,91	7,09	34.4	0
15	06/04/2021 15.00.00	9,90	7,16	36.5	0
16	06/04/2021 19.00.00	9,91	7,00	0	0
17	07/04/2021 08.00.00	9,69	6,82	0	0
18	07/04/2021 11.00.00	9,71	6,47	0	40.757
19	07/04/2021 15.00.00	9,76	6,20	0	40.032
20	07/04/2021 19.00.00	9,76	6,08	0	39.972
21	08/04/2021 08.00.00	9,77	6,91	0	0
22	08/04/2021 11.00.00	9,76	6,94	0	0

23	08/04/2021 15.00.00	9,78	6,60	0	0
24	08/04/2021 19.00.00	9,77	6,79	0	0
25	09/04/2021 08.00.00	9,82	6,81	0	0
26	09/04/2021 11.00.00	9,98	7,13	40.032	0
27	09/04/2021 15.00.00	9,80	7,22	40.032	0
28	09/04/2021 19.00.00	9,76	7,46	40.025	0
29	10/04/2021 08.00.00	9,96	6,94	0	0
30	10/04/2021 11.00.00	9,97	7,21	40.069	0
31	10/04/2021 15.00.00	9,94	7,35	40.032	0
32	10/04/2021 19.00.00	9,93	7,44	40.032	0
33	11/04/2021 08.00.00	9,92	7,20	40.032	0
34	11/04/2021 11.00.00	9,91	7,13	40.032	0
35	11/04/2021 15.00.00	9,90	6,91	0	0
36	11/04/2021 19.00.00	9,80	6,98	0	0
37	12/04/2021 08.00.00	9,56	6,94	0	0
38	12/04/2021 11.00.00	8,44	6,88	0	0
39	12/04/2021 15.00.00	9,38	6,93	0	0
40	12/04/2021 19.00.00	9,63	7,12	35.1	0
41	13/04/2021 08.00.00	9,04	7,25	37.4	0
42	13/04/2021 11.00.00	10,19	7,04	30.6	0
43	13/04/2021 15.00.00	10,02	7,21	37.4	0
44	13/04/2021 19.00.00	10,07	6,97	0	0
45	14/04/2021 08.00.00	10,13	6,96	0	0
46	14/04/2021 11.00.00	10,21	7,17	37.1	0
47	14/04/2021 15.00.00	10,20	7,07	34	0
48	14/04/2021 19.00.00	10,17	6,92	0	0
49	15/04/2021 08.00.00	10,02	7,48	38.9	0
50	15/04/2021 11.00.00	9,90	7,19	37	0

51	15/04/2021 15.00.00	10,20	6,92	0	0
52	15/04/2021 19.00.00	10,07	7,36	38.3	0
53	16/04/2021 08.00.00	10,13	7,33	38.3	0
54	16/04/2021 11.00.00	10,21	6,83	0	0
55	16/04/2021 15.00.00	10,20	6,81	0	0
56	16/04/2021 19.00.00	10,17	6,99	0	0
57	17/04/2021 08.00.00	10,02	7,25	37.7	0
58	17/04/2021 11.00.00	10,10	7,44	38.7	0
59	17/04/2021 15.00.00	10,16	7,38	38.5	0
60	17/04/2021 19.00.00	10,28	7,29	38.2	0
61	18/04/2021 08.00.00	10,34	7,28	38.2	0
62	18/04/2021 11.00.00	10,41	7,23	38	0
63	18/04/2021 15.00.00	10,45	7,01	19.5	0
64	18/04/2021 19.00.00	10,36	6,73	0	0
65	19/04/2021 08.00.00	10,42	6,88	0	0
66	19/04/2021 11.00.00	10,41	7,09	35.6	0
67	19/04/2021 15.00.00	10,34	7,10	35.8	0
68	19/04/2021 19.00.00	10,12	7,15	36.7	0
69	20/04/2021 08.00.00	10,11	7,38	38.5	0
70	20/04/2021 11.00.00	10,12	7,27	38	0
71	20/04/2021 15.00.00	10,12	7,27	38	0
72	20/04/2021 19.00.00	10,14	7,09	34.9	0
73	21/04/2021 08.00.00	10,17	6,77	0	0
74	21/04/2021 11.00.00	10,80	6,79	0	0
75	21/04/2021 15.00.00	11,04	6,77	0	0
76	21/04/2021 19.00.00	11,46	6,89	0	0
77	22/04/2021 08.00.00	11,78	7,03	24.5	0
78	22/04/2021 11.00.00	11,80	7,00	0	0

79	22/04/2021 15.00.00	11,99	7,00	0	0
80	22/04/2021 19.00.00	11,98	7,00	0	0
81	23/04/2021 08.00.00	11,89	7,31	38	0
82	23/04/2021 11.00.00	11,89	7,28	37.8	0
83	23/04/2021 15.00.00	12,02	7,29	37.8	0
84	23/04/2021 19.00.00	12,15	7,00	0	0
85	16/05/2021 08.00.00	9,91	7,00	0	0
86	16/05/2021 11.00.00	9,63	7,11	35.1	0
87	16/05/2021 15.00.00	9,14	7,24	37.4	0
88	16/05/2021 19.00.00	9,76	6,94	0	0
89	17/05/2021 08.00.00	9,76	6,94	0	0
90	17/05/2021 11.00.00	9,77	6,91	0	0
91	17/05/2021 15.00.00	9,76	6,93	0	0
92	17/05/2021 19.00.00	9,78	6,60	0	0
93	18/05/2021 08.00.00	9,91	7,13	40.032	0
94	18/05/2021 11.00.00	9,92	7,20	40.032	0
95	18/05/2021 15.00.00	9,94	7,33	40.032	0
96	18/05/2021 19.00.00	9,56	6,94	0	0
97	19/05/2021 08.00.00	10,16	7,38	38.5	0
98	19/05/2021 11.00.00	10,21	6,83	0	0
99	19/05/2021 15.00.00	10,12	7,27	38	0
100	19/05/2021 19.00.00	10,14	7,09	34.9	0
101	20/05/2021 08.00.00	10,13	7,33	38.3	0
102	20/05/2021 11.00.00	10,21	6,77	0	0
103	20/05/2021 15.00.00	10,21	6,79	0	0
104	20/05/2021 19.00.00	10,19	6,73	0	0
105	21/05/2021 08.00.00	10,18	6,88	0	0
106	21/05/2021 11.00.00	10,66	6,77	0	0

107	21/05/2021 15.00.00	10,61	6,87	0	0
108	21/05/2021 19.00.00	10,61	6,77	0	0
109	22/05/2021 08.00.00	10,09	6,79	0	0
110	22/05/2021 11.00.00	11,89	7,00	0	0
111	22/05/2021 15.00.00	11,89	7,00	0	0
112	22/05/2021 19.00.00	11,46	6,89	0	0