

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam konteks penelitian ini, berikut beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang akan dijelaskan oleh penulis. “Sistem *Fuzzy* Mamdani untuk Menentukan Kualitas Air Pada Kolam Bioflok dalam Budidaya Ikan Lele” adalah judul penelitian yang membahas tentang pengaruh kualitas air yang dibutuhkan ikan lele saat menggunakan kolam bioflok. Karena kualitas sering diklasifikasikan sebagai baik atau buruk, kualitas air tidak dapat dapat mencerminkan kondisi pertumbuhan ikan secara akurat. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa nilai kualitas air memiliki rentang tertentu untuk tiap kondisi perkembangan ikan lele. Ikan lele dalam keadaan normal menunjukkan kualitas air sebesar 100%, sementara ikan lele dengan pertumbuhan kerdil memiliki kualitas air berkisar antara 83–99%, dan untuk ikan lele yang terancam, nilai kualitas airnya kurang dari 83%. Akurasi algoritma FIS dalam penelitian mencapai 89,92% [6].

Penelitian dengan judul “Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) air secara otomatis pada kolam ikan Gurame menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani” membahas kinerja sensor ultrasonik dan pH dalam mendeteksi derajat keasaman air pada kolam ikan gurame. Persentase *error* rata-rata untuk sensor pH meter SEN0161 adalah sekitar 2,569 %, sedangkan rata-rata persentase *error* untuk sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sekitar 2,992%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik sesuai dengan keandalannya menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani [5].

Penelitian dengan judul “Implementasi *Fuzzy* Mamdani Pada Sistem Pengendali Kualitas Air untuk Penetasan Telur Ikan” ini membahas mengenai

faktor utama yang mempengaruhi kualitas air saat penetasan telur ikan, yaitu suhu air dan tingkat keasaman pH yang tinggi. Dalam pendekatan penelitian ini, digunakan mikrokontroler Arduino Uno bersama dengan sensor suhu dan pH. Hasil pengujian sensor suhu dibandingkan dengan alat ukur termometer menunjukkan nilai *error* sebesar 0,67% dengan perbedaan suhu tercatat sebesar +0,17. Sementara itu, pada pengujian sensor pH dibandingkan dengan alat ukur pH meter menghasilkan tingkat *error* sebesar 2,48%, dengan perbedaan hasil kalibrasi sebesar +0,18. Selain itu, pengujian sensor *turbidity*, dilakukan menggunakan tiga jenis air dengan derajat kekeruhan yang berbeda-beda, hasil untuk air yang tidak keruh masing-masing sebesar dan 300 untuk kondisi air sangat keruh. Kemudian untuk setiap kondisi dari masing-masing parameter, *fuzzy* nilai pengujian menghasilkan 3 nilai yang bersesuaian yang berbeda satu sama lain. Pada penelitian ini, sebanyak 50 ekor telur ikan diletakkan untuk menetas di dua kolam ikan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa sekitar 86% ovarium dan sekitar 96% ovarium [7].

Penelitian dengan judul “Implementasi Logika *Fuzzy* Mamdani pada pH Air dalam Sistem Otomatisasi Suhu dan pH Air Aquascape Ikan Guppy” meneliti tentang bagaimana merancang sebuah sistem kontrol otomatis yang menggunakan logika *fuzzy* mamdani untuk menstabilkan suhu dan pH air pada aquascape. Sistem ini akan menggunakan dua sensor, yaitu sensor suhu dan sensor pH yang telah dikalibrasi untuk mendeteksi nilai suhu dan tingkat keasaman air dalam aquascape. Nilai *error* dan *dError* dari pH dapat digunakan sebagai masukan untuk *input* logika *fuzzy* mamdani. Pada penelitian ini peneliti menemukan hasil bahwa sensor suhu DS18B20 memiliki nilai *error* sekitar 1,4136%, sensor pH SKU:SEN0160 memiliki nilai *error* sekitar 0,6813% dan analisis nilai *fuzzy* dengan data menghasilkan tingkat *error* sekitar 0,7246% [8].

Penelitian dengan judul “Sistem Monitoring dan Controlling Kualitas Air Serta Pemberian Pakan Pada Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode *Fuzzy*, NodeMCU dan Telegram” membahas tentang bagaimana membangun sebuah sistem yang dapat mengontrol dan memantau kualitas air seiring dengan pemberian

pakan untuk budidaya ikan lele. Ide di balik sistem ini adalah setiap pengguna akan terhubung ke bot Telegram. Peneliti ini menggunakan sensor pendeteksi suhu, sensor pendeteksi pH, sensor ultrasonic. Selain itu juga memiliki perangkat motor servo dan pompa air. Metode *fuzzy* yang digunakan untuk memperbaiki kualitas air di kolam didasarkan pada pH dan suhu. Hasil utama dari penelitian ini adalah bahwa kontrol pompa berperan dalam menggantikan atau mengisi air dalam kolam [9].

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Tahun	Penulis	Metode Penelitian	Hasil dan Pembahasan	Perbedaan dengan Penelitian ini
1	Sistem <i>Fuzzy</i> Mamdani untuk Menentukan Kualitas Air Pada Kolam Bioflok dalam Budidaya Ikan Lele	2020	Herryawan Pujihastono, Danny Kurnianto	Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode <i>Fuzzy</i> Mamdani	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kualitas air memiliki kisaran tertentu untuk setiap kondisi pertumbuhan ikan lele, yaitu 100% untuk ikan normal, 83–99% untuk pertumbuhan ikan kerdil, dan < 83% untuk ikan terancam. Selain itu, Algoritma FIS dalam penelitian ini memiliki akurasi 89,92%.	Penelitian ini akan memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya karena akan menyertakan sensor-sensor yang sebelumnya belum digunakan oleh peneliti lain. Selain itu, peneliti ini juga menggunakan <i>platform cloud IoT</i> bernama Blynk.
2	Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) air secara otomatis pada	2019	Dimas Guntoro	Dalam penelitian ini, digunakan metode <i>Fuzzy</i> Mamdani untuk mengatur derajat	Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan sensor pH SEN0160 dan sensor ultrasonic HC-SR04 masing-	Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada penggunaan tiga jenis sensor, yaitu sensor pH air, sensor suhu, dan sensor

	kolam ikan Gurame menggunakan metode <i>Fuzzy</i> Mamdani			keasaman air sesuai dengan kebutuhan ikan gurame. Metode ini menghitung titik pusat z untuk menentukan jumlah air yang perlu ditambahkan.	masing sebesar 2,569% dan 2,992%. Dalam pengujian sistem pengendalian derajat keasaman air, digunakan metode <i>Fuzzy</i> Mamdani yang menghasilkan tingkat akurasi sekitar 80% dengan waktu komputasi rata-rata sekitar 0,693 detik.	kekeruhan air. Selain itu, penelitian ini juga akan memanfaatkan <i>platform cloud IoT</i>
3	Implementasi <i>Fuzzy</i> Mamdani Pada Sistem Pengendali Kualitas Air untuk Penetasan Telur Ikan	2020	Muhamad Zulian Nurhidayat	Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode <i>Fuzzy</i> Mamdani	Pengujian sensor suhu akan alat ukur termometer menunjukkan nilai error 0.67% dengan perbedaan suhu sebesar +0.17. Sementara itu, untuk sensor pH dan alat ukur ph meter, diperoleh tingkat error 2.48%, dengan perbedaan hasil kalibrasi sebesar +0.18. Pada pengujian sensor kekeruhan, dilakukan menggunakan 3 <i>batch</i> air yang berbeda dengan	Perbedaan antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya terletak pada penggunaan sensor. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan dua sensor, yaitu sensor pH dan sensor suhu, sedangkan dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan tiga sensor, yaitu sensor pH, sensor suhu, dan sensor kekeruhan. Selain itu,

					tingkat kekeruhan yang bervariasi. Hasil untuk gelombang pertama adalah 55 dan untuk gelombang kedua adalah 300. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penetasan telur ikan mencapai 96% pada kolam yang dipasang sistem, dan hasil yang serupa yaitu 96% juga diperoleh pada penetasan telur ikan pada kolam yang tidak dipasang sistem.	sistem yang dikembangkan oleh peneliti sebelumnya berbasis website, sedangkan sistem yang akan dikembangkan dalam penelitian ini mungkin menggunakan <i>platform</i> atau teknologi yang berbeda
4	Implementasi Logika <i>Fuzzy</i> Mamdani pada pH Air dalam Sistem Otomatisasi Suhu dan pH Air	2021	Diaz Aztisyah	Dalam penelitian ini, digunakan metode logika <i>fuzzy</i> mamdani dengan memanfaatkan input dari dua sensor, yaitu sensor pH dan	Dari hasil pengujian penelitian ini, diperoleh persentase nilai <i>error</i> dan <i>dError</i> dari pH yang digunakan sebagai input dalam perumusan logika <i>fuzzy</i> mamdani. Pembacaan pH pada sensor pH SKU: SEN160,	Dalam penelitian yang akan dilakukan, akan menggunakan beberapa jenis sensor termasuk sensor pH air, sensor suhu, dan sensor <i>turbidity</i> . Di samping itu objek yang diteliti peneliti adalah ikan guppy

	Aquascape Ikan Guppy			sensor suhu yang telah terkalibrasi. Kedua sensor ini bertujuan untuk mendeteksi nilai suhu dan derajat keasaman air dalam lingkungan aquascape.	pembacaan nilai <i>fuzzy</i> , pembacaan matlab, dan pembacaan suhu pada sensor DS18B20 masing-masing mengalami proporsi <i>error</i> sebesar 1,4136%, 0,6813%, dan 0,7246% berdasarkan hasil percobaan.	yang sering disebut ikan hias, tetapi objek yang diteliti peneliti untuk kajian penulis adalah ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat.
5	Sistem Monitoring dan Controlling Kualitas Air Serta Pemberian Pakan Pada Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> , NodeMCU dan Telegram	2021	Rizky Maulana	Metode yang digunakan merupakan metode <i>Fuzzy</i> .	Dengan menggunakan nodeMCU sebagai mikrokontroler sistem, berhasil dilakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air serta pemberian pakan pada budidaya ikan lele. Penerapan logika <i>fuzzy</i> saat pengurusan kolam air memungkinkan untuk menghasilkan <i>output</i> berupa pengurusan kolam air dengan menggunakan pompa, dan setelah itu dilanjutkan dengan pengisian air	Perbedaan dalam penelitian yang akan dilakukan adalah penggunaan tiga sensor oleh penulis dan penggunaan objek yang berbeda sebagai subjek penelitian. Namun, kesamaannya adalah hasil dari masing-masing sensor akan dikirim melalui bot Telegram.

					yang cukup. Bot telegram digunakan sebagai antarmuka media untuk memantau dan mengelola sistem yang telah dibangun.	
--	--	--	--	--	---	--

Penelitian yang penulis lakukan dengan judul “Sistem Kontrol Derajat Keasaman pH Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan IoT Dengan Metode *Fuzzy Mamdani*” berkaitan dengan studi literatur di atas dengan judul “Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*”. Dalam penelitian penulis membahas penggunaan tiga sensor yang berbeda yaitu sensor pH air, sensor suhu dan sensor kekeruhan air, dalam sistem pengendalian kadar pH pada kolam ikan gurame. Berbeda dengan studi literatur yang memiliki kaitan dengan penulis, yang membahas bagaimana cara mencocokkan tingkat keasaman dengan kebutuhan ikan gurame, studi ini hanya menggunakan dua sensor dan tidak menggunakan *platform cloud IoT*.

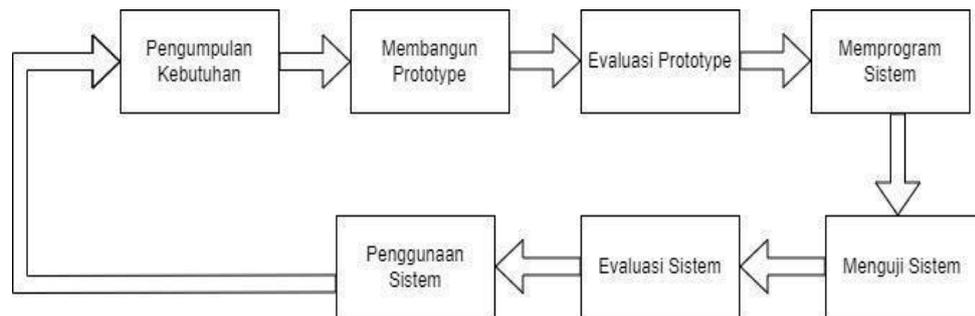
Beberapa kesimpulan dapat diambil dari tabel studi literatur di atas, yaitu:

1. Tabel studi literatur di atas memiliki dua sensor, ada sensor pH dan juga sensor ultrasonic.
2. Tabel studi literatur di atas, terlihat bahwa metode penelitian yang digunakan sama, yaitu menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*.
3. Penelitian yang penulis lakukan berkaitan dengan studi literatur dengan judul “Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*”.
4. Penelitian yang penulis lakukan menerapkan IoT dalam perancangan sistem yang mana hasil dari tiap sensor akan ditampilkan melalui *blynk* yang bisa diakses dimana saja.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Metode Prototype

Metode *prototype* adalah teknik untuk membuat program dengan cepat yang dapat dievaluasi oleh pengguna. Ini melibatkan penggunaan teknik seperti perancangan cepat, pengumpulan kebutuhan dan perbaikan, membentuk *prototype*, evaluasi pelanggan terhadap *prototype*, perbaikan *prototype* dan produk yang dirancang [10].



Gambar 2.1 Metode Prototype [10]

2.2.2 Air

Kualitas air dapat diidentifikasi melalui faktor fisik dan kimia yang signifikan. Parameter kimia mencakup pH, salinitas, tingkat kekeruhan air, dan komposisi bahan kimia dalam air. Suhu air di dalam kolam pemeliharaan juga memiliki dampak pada keberadaan organisme di dalamnya. Dampak ini mencakup peningkatan viskositas air, distribusi mineral dalam air, serta peningkatan konsentrasi zat terlarut dan kadar oksigen. Fluktuasi suhu air dalam kolam pemeliharaan yang tidak sesuai dengan kondisi ikan dapat mengakibatkan kematian mendadak dan mengganggu proses mobilisasi energi, menghambatnya serta menimbulkan kecemasan ikan. Untuk itu perlu dilakukan pemasangan sistem pengontrol pH air di dalam kolam ikan gurame agar dapat dikontrol secara otomatis dengan hasil yang dapat diandalkan. Kontrol kualitas air, pH dan suhu air penting lainnya juga diperlukan. Pada penelitian ini parameter pengatur pH derajat air didasarkan pada tekanan air dan konsentrasi suhu [8].

2.2.3 Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan skala yang mengukur tingkat asam atau basa dalam sebuah larutan atau objek. pH berasal dari singkatan “*power of Hydrogen*”. Secara umum pH normal bernilai 7. Jika nilai $\text{pH} < 7$, ini menunjukkan sifat basa dari zat tersebut, sementara jika nilai $\text{pH} > 7$, ini mengindikasikan tingkat keasaman. pH 0 menggambarkan tingkat keasaman yang ekstrem, sedangkan pH 14 mencerminkan tingkat kebasaan yang paling tinggi [11].

2.2.4 Ikan Gurame



Gambar 2.2 Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*) [12]

Ikan gurame (*Osphronemus gouramy*) ialah salah satu variasi ikan air tawar yang berasal dari Indonesia, yang telah lama dibudidayakan untuk tujuan konsumsi. Rasa dagingnya yang enak telah menjadikannya sebagai pilihan favorit masyarakat untuk dinikmati, sehingga ikan ini memiliki nilai ekonomi yang signifikan [13].

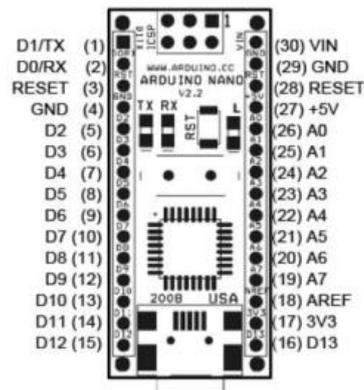
Berdasarkan tempat hidupnya ikan gurame, ikan gurame biasanya mendiami perairan yang memikat dan mengesankan termasuk rawa-rawa, situ dan danau. Jarang ditemui ikan gurame di sungai berarus deras. Cara hidup ikan gurame yang meliputi perairan yang sebagian besar berarus atau tenang saat ikan gurame mudah ditempatkan ke kolam. Gurame dapat dibudidayakan di dataran rendah, ketinggian ideal untuk ini adalah antara 5-400 meter diatas permukaan air. Kondisi optimal untuk ikan gurame adalah $24^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$, pH air 6,5 – 7,5 dan konsentrasi kadar oksigen sekitar 5 ppm [12].

2.2.5 Arduino Nano

Arduino nano adalah sebuah modul mikrokontroler yang dirancang oleh *platform Wiring* dengan tujuan untuk mempermudah integrasi komponen elektronik dalam berbagai aplikasi *Hardware* terdiri dari prosesor Atmel AVR, sedangkan perangkat lunak adalah program Arduino yang ditulis dalam bahasa C dan didukung oleh pustaka dari *platform*. Spesifikasi Arduino Nano dengan mikrokontroler Atmega328 / ATmega 168 [14]:

- a. Operasi Voltage: 5V
- b. *Input* Voltage: 7 ± 12 V (rekomendasi)

- c. *Input Voltage*: 6 ± 20 V (limits)
- d. *I/O*: 14 pin (6 pin untuk PWM)
- e. *Arus*: 50 mA
- f. *Flash Memory*: 32 KB
- g. *Bootloader*: SRAM 2 KB
- h. *EEPROM*: 1 KB
- i. *Kecepatan*: 16 Hz.



Gambar 2.3 Arduino Nano [15]

2.2.6 Sensor pH

Sensor pH merupakan tipe sensor yang digunakan guna mengukur tingkat asam atau basa dalam sebuah larutan, termasuk larutan yang dihasilkan oleh tumbuhan atau hewan. Lokasi utama probe sensor untuk sensor air pH ada di bagian atas probe sensor. Penyebabnya adalah karena bahan yang digunakan untuk menciptakan probe sensor terbuat dari kaca elektro dan kaca elektro tersebut berisi HCL yang terdapat pada bagian atas probe sensor [16].

Sensor pH air memiliki elektroda sensor yang dibentuk melalui penggunaan bahan lapisan kaca yang memiliki sensitivitas dan memiliki impedansi yang rendah. Dengan kemampuannya yang stabil dan respon cepat, sensor ini mampu memberikan pembacaan dan penilaian yang konsisten, baik pada suhu cairan/larutan yang tinggi maupun rendah. Pengukuran pH bisa diperoleh melalui antarmuka pH 2.0 yang telah terpasang pada modul deteksi pH air. Penggunaan sensor pH air dianggap cukup aman saat menjalani proses kalibrasi pH cairan dalam periode waktu yang panjang. spesifikasi sensor pH, sebagai berikut [17]:

- a. Modul daya: 5V
- b. Ukuran modul: 43mm x 32mm
- c. Rentang pengukuran: 0 – 14 pH
- d. Pengukuran suhu: 0 - 60°C
- e. Akurasi: $\pm 0,1$ pH (25°C)
- f. Waktu respon: < 1 menit
- g. Sensor pH dengan konektor BNC
- h. Antarmuka pH 2.0 (tambalan 3 kaki)
- i. LED indikator data.



Gambar 2.4 Sensor pH [17]

2.2.7 Sensor Turbidity

Tujuan dari sensor kekeruhan adalah untuk menurunkan kualitas air dengan mendeteksi ambang batas kerusakannya. Sensor ini mendeteksi ambang batas kerusakannya. Sensor ini mendeteksi partikel di air dengan mengurangi pancaran dan mengukur kerapatan cahaya dalam kaitannya dengan meteran *Total Suspended Solids* (TTS). Ketika TTS semakin gencar, maka tingkat kekeruhan air yang bersangkutan juga semakin gencar. Standar tingkat air-keran untuk kebutuhan terkait budidaya ikan gurame adalah 180 NTU [18].

Karena sensor kekeruhan memiliki fotodiode LED sebagai pemancar dan fotodiode (penerima) di atasnya, sensor kekeruhan menggunakan cahaya yang dipancarkan oleh LED dan kemudian diikuti oleh keluaran sensor dari hasil pengukuran cahaya tersebut. Beginilah cara kerja sensor kekeruhan atau alat untuk mendeteksi kekeruhan. Akibat semakin banyak air keruh yang akan terdeteksi, maka tingkat pemantulan cahaya yang terdeteksi akan semakin meningkat dan sebaliknya [18].



Gambar 2.5 Sensor *Turbidity* [18]

2.2.8 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 hanya membutuhkan sedikit kabel saat pemasangan karena menggunakan antarmuka satu kabel. Sensor perangkat dapat diatur secara paralel dengan *input* tunggal. Menurut pedoman yang ada, penulis dapat memanfaatkan sensor suhu DS18B20 lebih dari sekali, walaupun *output* dari sensor tersebut hanya dapat dihubungkan ke satu pin di papan Arduino. Hal ini menyebabkan sensor sering digunakan. Selain itu, sensor ini memiliki sifat kedap air, sehingga memungkinkan untuk dipasang ke dalam kompresor air dan perangkat kontrol kualitas air [19].



Gambar 2.6 Sensor Suhu [19]

2.2.9 Relay

Relay adalah alat yang menghubungkan dan memutuskan arus dari satu jaringan elektronik dengan jaringan elektronik lainnya, baik dengan cara mutasi maupun dengan membuat hubungan antara keduanya. *Relay* adalah suatu alat yang beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetisme, yang menyatakan bahwa ketika suatu relay, maka akan menjadi magnet dan menyebabkannya putus. Kontak dapat

dipisahkan ketika gaya magnet lebih kuat dari gaya pegas yang berlawanan, sampai gaya magnet mencapai nilai yang telah ditentukan oleh medan magnet di dalam celah air, jangkar, inti magnet, dan arus yang mengalir dalam rangkaian magnet.

Sifat – sifat relay [20]:

1. Hambatan kumparan sering disebabkan oleh kawat tebal dan lilitan yang banyak. Umumnya impedansi memiliki nilai 1 – 50 K Ω untuk mencapai konduktivitas yang optimal.
2. Daya yang diperlukan agar relay berfungsi harus seimbang dengan tingkat tegangan yang sesuai dengan arus yang mengalir.
3. Banyak kontak jangkar bisa dipicu dan diperluas melampaui satu kontak, tergantung pada tipe relay dan kontak yang digunakan. Indikasi yang jelas dari tegangan maksimum yang disepakati di antara masing-masing kontak dapat dilihat dari jarak antara mereka (Bishop, 2004)



Gambar 2.7 Relay [20]

2.2.10 Modul GSM SIM800L

Modul GSM SIM800L merupakan salah satu modul GSM yang dapat diintegrasikan dalam pekerjaan mikrokontroler untuk tujuan pemantauan lewat SMS, pengiriman atau penerimaan peringatan listrik lewat SMS, dan fungsi serupa lainnya. Selain itu, ketika terhubung dengan mikrokontroler, modul GSM ini memiliki kemampuan berperan sebagai SMS *gateway*. Berikut adalah penjelasan detail dari modul GSM SIM800L

- a. Operasi tegangan: 3,7 – 4,2V
- b. Ukuran modul: 2,2cm x 1,8cm
- c. TTL port serial dapat digunakan dengan link langsung ke mikrokontroler
- d. Tidak memerlukan MAX232

- e. *Power* pada modul otomatis boot secara otomatis mencari jaringan
- f. *Onboard* lampu sinyal (dengan sinyal lampu kilat perlahan, tidak ada *flash* sinyal cepat).

Kelebihan utama dari modul GSM ini adalah kemampuannya untuk digunakan dan dioperasikan dengan mudah, baik melalui komputer yang berjalan di latar belakang maupun melalui mikrokontroler seperti Arduino Nano. Jika penulis menggunakan Arduino Nano, penulis memerlukan aplikasi daftar yang disebut *library* yang dapat membantu penulis menavigasi kode modul ini dengan mudah [15].



Gambar 2.8 Modul GSM SIM800L [15]

2.2.11 Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Tim pengembangan telah menciptakan lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE) yang kuat, namun sangat berguna, untuk pengembangan perangkat lunak. IDE bisa beroperasi pada berbagai perbedaan sistem operasi. Arduino IDE merupakan aplikasi yang berguna untuk menulis program sebelum diunggah ke papan Arduino. IDE ialah *software* yang membantu dalam membuat program, mengkompilasi membentuk kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler [20].

2.2.12 Blynk

Blynk ialah sebuah aplikasi yang tersedia untuk iOS dan Android yang memungkinkan pengguna guna meninjau perangkat seperti Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya dari jarak jauh lewat internet. Aplikasi ini berfungsi untuk mengelola pengaturan perangkat keras, membaca data sensor, mengelola data, memvisualisasikan data dan melaksanakan fungsi lainnya. *Blynk* sendiri

tersedia secara gratis dan memiliki baterai yang dapat diperpanjang yang ditenagai oleh energi.

Aplikasi *Blynk* terdiri dari tiga bagian utama, yaitu Aplikasi, *Server*, dan *Libraries*. *Server Blynk* bertujuan guna mengelola seluruh komunikasi, termasuk antara gawai dan perangkat keras. *Blynk* menyediakan berbagai *widget*, seperti 15 Button, Value Display, History Graph, Twitter, dan Email. *Blynk* segera diolah online dan siap guna *Internet of Things* [21].

2.2.13 Logika Fuzzy

Fuzzy memiliki arti yang tidak jelas atau kabur dalam bahasa Inggris. Oleh karena itu, logika *fuzzy* adalah jenis logika yang menggunakan konsep kabur atau vektor atau kabur. Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti di University of California di Berkeley yang berspesialisasi dalam ilmu komputer, pertama kali memperkenalkan logika *fuzzy* pada tahun 1965. Profesor Zadeh menyatakan bahwa “logika benar salah” tidak memungkinkan untuk “mewakili” setiap keyakinan manusia. Dia selanjutnya menyarankan agar logika “*fuzzy*”, yang mampu menampilkan situasi tertentu atau kepercayaan manusia apa pun, digunakan sebagai gantinya.

Tidak seperti logika digital atau diskrit yang terbatas pada dua bilangan, yaitu 0 dan 1, logika *fuzzy* memiliki kisaran nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Logika *fuzzy* dimanfaatkan guna menafsirkan suatu variabel tertentu dengan memakai nilai numerik diantara 0 dan 1, yang diungkapkan melalui bahasa (linguistik). Sebagai contoh, dalam kasus besaran suhu di suatu daerah, logika *fuzzy* menggambarkan nilai suhu dengan kata-kata seperti “dingin”, “sangat”, “hangat” dan “sangat panas” [22].

2.2.14 Himpunan Fuzzy

Himpunan *Fuzzy* adalah studi yang mendalam tentang konsep logika *fuzzy* dalam matematika yang didasarkan pada gagasan bahwa fungsi logika *fuzzy* cenderung melebih-lebihkan nilai nyata dalam interval $[0,1]$ [23]. Ini juga mencakup gagasan tentang bagaimana memanipulasi fungsi logika *fuzzy*. Angka yang tercantum menunjukkan bahwa semua item dalam konteks pembicaraan tidak

hanya terdiri dari dua ekstrem yaitu 0 dan 1, tetapi juga mencakup nilai-nilai di antara keduanya. Dengan cara lain, nilai kebenaran suatu item tidak terbatas hanya pada benar atau salah saja. Ada berbagai nilai yang berada diantara dua posisi ekstrem tersebut. Disini, nilai 0 menunjukkan keadaan salah dan nilai 1 menunjukkan keadaan benar.

1. Linguistik, yaitu sebutan yang diberikan kepada suatu kelompok yang menggunakan bahasa asli untuk mengkomunikasikan keadaan tertentu.
2. Numeris, yaitu bilangan tunggal yang menampilkan dimensi dari variabel tunggal.

Beberapa konsep yang perlu dikuasai saat mempelajari sistem *fuzzy*, adalah:

1. Variabel *Fuzzy* merujuk pada variabel yang diperlukan dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *fuzzy* merujuk pada kelompok atau himpunan yang menggambarkan situasi atau pola khusus dalam suatu variabel tertentu..
3. Semesta Pembicaraan merupakan himpunan semua kemungkinan angka yang dapat digunakan untuk mengoperasikan variabel *fuzzy* apapun. Setiap percakapan adalah himpunan bilangan real-time menonton yang bergerak dari kepala ke ekor. Setiap informasi dapat ditafsirkan dengan cara positif atau negatif. Biasanya, nilai seluruh pembicaraan tidak diperdebatkan
4. Domain himpunan *fuzzy* mencakup seluruh rangkaian nilai yang dapat diterima oleh variabel *fuzzy* himpunan aturan yang dituangkan dalam suatu karya tunggal dan dapat diterapkan pada himpunan *fuzzy* manapun [22].

2.2.15 Metode Fuzzy Mamdani

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan suatu sistem untuk mengontrol pH air dalam kolam ikan gurame. Sistem tersebut akan dapat melakukan koreksi pH dan penyesuaian jika pH air melebihi standar yang ditetapkan. Hal ini akan dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani, suatu teknik yang terbukti

memberikan hasil optimal dalam situasi yang kompleks. Dalam penelitian ini, logika *fuzzy* mamdani akan digunakan guna menentukan nilai akhir pH (derajat keasaman) dari air. Terdapat tiga penerapan dari metode *fuzzy* mamdani pada penelitian ini:

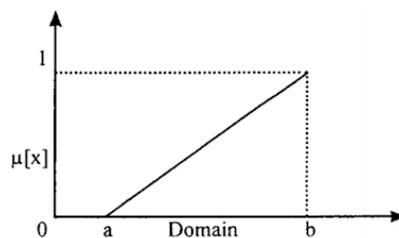
a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan prosedur untuk menguji setiap parameter sebelum diperoleh nilai yang sebenarnya. Perhitungan dari pH air akan dilakukan disini. Terdapat beberapa peranan logika *fuzzy* yang umum dipakai sebagai berikut:

1. Representasi Kurva Linear

Untuk representasi kurva linear, *input* ke derajat keanggotaan ditampilkan sebagai kurva berbentuk lurus. Ada dua jenis himpunan linear *fuzzy*. Pertama, peningkatan himpunan yang dimulai dari domain nol (0) dengan derajat keanggotaan dipindahkan ke domain nol (0) yang lebih kompleks dengan derajatnya yang dikenal dengan representasi fungsi naik linear [24].

Berikut adalah representasi fungsi keanggotaan untuk naik secara linier:



Gambar 2.9 Representasi Kurva Linear Naik [24]

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a < x \leq b \\ 0; x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

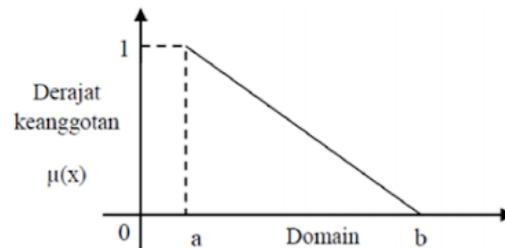
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

Kedua, adalah kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi di bagian kiri, lalu dengan cepat berpindah ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah [24].

Berikut adalah representasi fungsi keanggotaan untuk turun secara linier:



Gambar 2.10 Representasi Kurva Linear Turun [24]

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; a < x \leq b \\ 0; x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan:

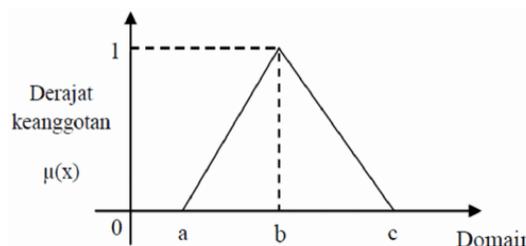
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan antara dua garis (linear) [25].



Gambar 2.11 Representasi kurva Linear Segitiga [25]

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a < x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; b < x < c \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

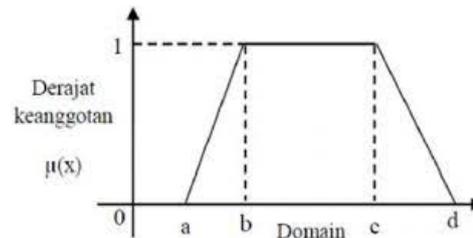
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 [25].



Gambar 2.12 Representasi Kurva Linear Trapesium [25]

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a < x \leq b \\ 1; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; x < d \end{cases} \quad (2.4)$$

Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

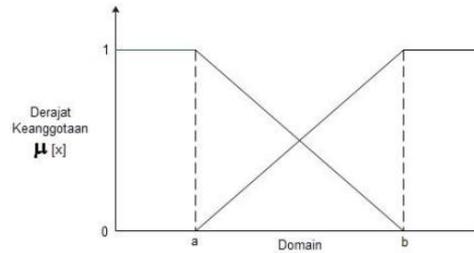
d = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang berada di tengah-tengah suatu variabel yang digambarkan dalam bentuk segitiga, akan mengalami kenaikan dan penurunan di sisi kanan dan kirinya. Namun, terkadang salah satu sisi dari variabel ini tidak akan mengalami perubahan.

Konsep himpunan *fuzzy* “bahu”, yang berbeda dengan bentuk segitiga, digunakan untuk mengakhiri daerah *fuzzy* dari variabel tersebut. Bahu di sisi kiri akan bergerak dari nilai benar menuju nilai salah, dan begitu pula bahu di sisi kanan akan bergerak dari nilai salah menuju nilai benar [26].



Gambar 2.13 Representasi Kurva Bentuk Bahu [26]

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; x \geq b \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; a \leq x \leq b \\ 1; x \leq a \\ 0; x \geq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a \leq x \leq b \\ 1; x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

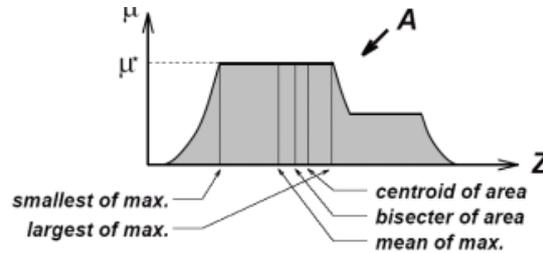
b. Implikasi

Inferensi atau penalaran merupakan proses pengaturan input sehingga menghasilkan *output* menggunakan versi algoritma sebelumnya. Setiap aturan memiliki nilai α , yang kemudian diterapkan pada fungsi yang diizinkan, menghasilkan keluaran dan menciptakan fungsi keanggotaan baru. Rumus inferensi dinyatakan sebagai berikut. $\mu A \cap [x] = \min([x], [x])$. Sehabis tahap inferensi berakhir, data masukan digunakan untuk melanjutkan proses komposisi dari berbagai fenomena alam. Fungsi yang akan digunakan dengan metode mamdani MIN [27].

c. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah tahap akhir dari proses pemrosesan *fuzzy* yang bertujuan untuk menentukan nilai pusat yang bersifat digital (z). Pada tahap defuzzifikasi, input yang digunakan adalah himpunan *fuzzy* tertentu yang terbentuk melalui proses penggabungan antara partikel *fuzzy*, dan

outputnya berupa nilai khusus yang berkaitan dengan himpunan *fuzzy* tersebut [28].



Gambar 2.14 Defuzzifikasi Aturan Mamdani [28]

Sesuai dengan Gambar 2.14, jika ada informasi *fuzzy* yang diberikan dalam rentang yang ditentukan, maka informasi *crisp* yang ditentukan harus tersedia sebagai keluarannya.

Metode mamdani memiliki beberapa teknik defuzzifikasi, termasuk:

A. Metode Centroid (Composite Moment)

Metode ini merupakan solusi *crisp* diperoleh melalui pengambilan titik pusat dari daerah *fuzzy*, secara umum dirumuskan pada persamaan 2.5 untuk variabel kontinyu dan persamaan 2.6 untuk variabel diskrit [28].

a). Variabel kontinyu

$$z = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (2.6)$$

b). Variabel diskrit

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.7)$$

B. Metode Bisektor

Metode ini menghasilkan solusi tegas melalui menempatkan domain *fuzzy* pada lingkungan *fuzzy* yang sesuai. Secara umum metode bisektor dituliskan dengan persamaan (2.7) [28].

$$\int_a^{z^{BOA}} \mu(z) dz = \int_{z^{BOA}}^{\beta} \mu(z) dz \quad (2.8)$$

Dimana:

$$\alpha = \min\{z \mid z \in Z\}$$

$$\beta = \max\{z \mid z \in Z\}$$

C. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Metode ini dihasilkan dengan cara memperoleh nilai rata-rata domain yang mempunyai nilai keanggotaan maksimum [28].

D. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Metode ini dihasilkan dengan cara memperoleh nilai terbesar dari domain yang mempunyai nilai keanggotaan maksimum [28].

E. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Metode ini dihasilkan dengan cara memperoleh nilai terkecil dari domain yang mempunyai nilai keanggotaan maksimum [28].

2.2.16 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung pada jenis dan karakteristik sensor yang diuji. Namun, pada umumnya, pengujian sensor dilakukan untuk memastikan bahwa sensor tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasinya dan memberikan respon yang akurat terhadap sinyal yang diterima. Berdasarkan *standard* IEC no 13B-23 toleransi error sensor tidak boleh melebihi 5% [29]. Berikut adalah beberapa cara yang dapat digunakan untuk pengujian sensor:

1. *Error*

Error merupakan perbedaan antara nilai yang diukur atau diperkirakan dengan nilai sebenarnya atau yang diharapkan. Dalam konteks pengukuran, *error* dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya atau nilai referensi yang diketahui. *Error* dinyatakan dalam bentuk persentase [29]. Berikut ini rumus dari persentase *error*:

$$\text{Error} = \frac{\text{selisih pengukuran}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (2.9)$$

2. Akurasi

Akurasi merupakan ketepatan suatu metode sejauh mana hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya. Penilaian terhadap ketepatan sangat krusial guna meningkatkan kepercayaan terhadap hasil pengukuran serta mengevaluasi kinerja suatu metode [30]. Berikut ini rumus dari akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{pembacaan nilai sensor} - \text{pembacaan alat ukur}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (2.10)$$