

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Dalam beberapa penelitian sebelumnya yang bersangkutan tentang penelitian yang dibahas oleh penulis. Penelitian yang dilakukan oleh Ali, tahun 2019 dengan judul “Usaha Peningkatan Kualitas pH Air dan Monitoring Berbasis Mikrokontroler pada Budidaya Ikan Mujair di Desa Brumbun Kecamatan Maduran Kabupten Lamongan” meneliti tentang cara peningkatan kualitas air pada kolam budidaya ikan mujair dengan menggunakan mikrokontroler 328 sebagai alat yang digunakan untuk memantau proses perbaikan kualitas air (pH) serta penjadwalan pakan ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap komponen alat yang dirancang dan diimplementasi di tempat penelitian dapat berfungsi dengan baik yaitu bisa mengontrol pH air dan penjadwalan pakan ikan sesuai yang dibutuhkan [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Taufiq, tahun 2022 dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengaturan pH dan Suhu Air pada Kolam Ikan” meneliti tentang sistem yang dapat memonitoring dan mengendalikan kondisi pH dan suhu air. Hasil penelitian menunjukkan pengujian ini melakukan tiga kondisi yang berbeda (pagi, siang dan malam), diperoleh hasil bahwa alat ini menyatakan tingkat kesalahan yang rendah. Pengujian saat pagi hari tingkat kesalahan pengukuran pH sebesar 0,0043% dan pengukuran suhu 0,0004%. Pengujian saat siang hari tingkat kesalahan pengukuran pH sebesar 0,0006% dan pengukuran suhu 0,001%. Pengujian saat malam hari tingkat kesalahan pengukuran pH sebesar 0,002% dan pengukuran suhu 0,002% [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Imam, 2022 dengan judul “Penerapan IoT (*Internet of Things*) untuk Sistem Monitoring Air dan *Controlling* pada Kolam Ikan Mujair Berbasis *Website*” meneliti tentang mengembangkan suatu sistem monitoring dan *controlling* terhadap suhu air, pH air, ketinggian air dan pengurusan air kolam. Monitoring dilakukan menggunakan dua media yaitu *website* dan *whatsapp*. Hasil penelitian menunjukkan pengujian yang dilakukan oleh alat

mendapatkan hasil sebagai berikut, sensor DS18B20 memiliki tingkat *error* 0,24% saat dibandingkan dengan *termometer*. Pengujian sensor *ultrasonic* memiliki tingkat *error* 0% dengan pembanding mistar. Pengujian sensor pH memiliki tingkat *error* 1,1% dengan menggunakannya pada bubuk pH 6,86. Pengujian servo sebagai pakan ikan didapatkan hasil apabila servo berputar 90 derajat maka pakan ikan yang dikeluarkan adalah 3-6 gram. Pengujian pompa apabila pada halaman *website* pompa dalam kondisi *on* maka pompa akan menyala dan apabila dalam kondisi *off* pompa akan mati [13].

Penelitian yang dilakukan oleh Zulian, tahun 2020 dengan judul “Implementasi *Fuzzy Mamdani* Pada Sistem Pengendali Kualitas Air dan Penetasan Telur Ikan” meneliti tentang pembuatan sistem yang menggunakan *internet of things* berbasis *website*. Metode yang digunakan merupakan metode logika *fuzzy mamdani* yang diterapkan pada penentuan lama waktu yang dibutuhkan *heater* dan pompa menyala dalam memfiltrasi air. Hasil penelitian untuk penetasan telur ikan pada kolam yang tidak dipasang sistem sebesar 86%, dan pada kolam yang dipasang sistem menghasilkan penetasan sebesar 96% [14].

Penelitian yang dilakukan oleh Handani, tahun 2023 dengan judul “Sistem Monitoring pH dan Suhu Kolam pada Karamba Kelompok Tani Perikanan Kelurahan Gunung Elai Kota Bontang Berbasis IoT” meneliti tentang membuat sebuah sistem monitoring terhadap keadaan air kolam yang dipantau oleh para petani ikan sewaktu dan secara *realtime*. Hasil Penelitian yang didapat adalah petani ikan karamba dapat memonitoring keadaan pH dan suhu kolam secara *realtime* melalui koneksi internet pada perangkat *mobile* yang dimiliki [15].

Tabel 2. 1 Kajian Pustaka

Penulis	Judul	Hardware	Metode
Mukti Ali (2019)	Usaha Peningkatan Kualitas pH Air dan Monitoring Berbasis Mikrokontroler pada Budidaya Ikan Mujaer di Desa Brumbun	- ATmega328 - Sensor pH - Sensor Ultrasonik - Modul GSM	Metode penyuluhan dan praktek lapangan

Penulis	Judul	Hardware	Metode
	Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan		
Muhamad Taufiq Tamam (2022)	Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengaturan pH dan Suhu Air pada Kolam Ikan	- Sensor pH - Sensor Suhu - Mikrokontroler	Metode Prototype
Imam Erlangga Prasetya (2022)	Penerapan IoT (Internet of Things) untuk Sistem Monitoring Air dan Controlling pada Kolam Ikan Gurame Berbasis Website	- NodeMCU ESP8266 - Sensor pH - Sensor Ultrasonik - Sensor Suhu	Metode Prototype
Muhamas Zulian Nurhidayat (2020)	Implementasi <i>Fuzzy</i> Mamdani Pada Sistem Pengendali Kualitas Air dan Penetasan Telur Ikan	- Arduino Uno - Sensor pH - Sensor Suhu	Metode yang digunakan merupakan metode logika <i>fuzzy</i> mamdani
Sri Handani Widiastuti (2023)	Sistem Monitoring pH dan Suhu Kolam pada Karamba Kelompok Tani Perikanan Kelurahan Gunung Elai Kota Bontang Berbasis IoT	- NodeMCU ESP8266 - Sensor pH - Sensor Suhu	Metode <i>waterfall</i>

Penelitian yang penulis lakukan dengan judul “Sistem Kontrol pH air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Mujair Berbasis Iot” berkaitan dengan studi *literature* diatas dengan judul “Usaha Peningkatan Kualitas pH Air dan Monitoring Berbasis Mikrokontroler pada Budidaya Ikan Mujair di Desa Brumbun Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan”. Dalam penelitian yang dilakukan, penulis membahas tentang sistem kontrol pH air pada kolam ikan mujair menggunakan tiga sensor diantaranya, sensor pH, suhu dan sensor kekeruhan air. Sistem ini juga nantinya

akan terhubung ke *blynk* sedangkan studi *literature* yang memiliki keterkaitan dengan penulis membahas memonitoring kualitas pH air hanya berbasis mikrokontroler saja belum menggunakan IoT.

2.2 Landasan Teori

Pada penelitian ini mempunyai landasan teori untuk menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, berikut penjelasannya.

2.2.1 Air

Sumber air yang biasa digunakan dalam budidaya ikan untuk pengairan dapat diperoleh dari sungai, waduk, mata air, danau maupun sumur artesis. Dari sumber air tersebut yang paling bagus digunakan adalah air sungai, karena biasanya banyak mengandung bahan organik yang sangat dibutuhkan untuk penumbuhan makanan alami. Namun kendalanya apabila pada musim kemarau debit airnya kurang, sehingga akan mengakibatkan gangguan pada kegiatan budi daya. Di kawasan bukit dan pegunungan itu gumpalan awan yang semakin pekat itu berubah menjadi air hujan yang turun ke bumi, membasahi permukaan tanah. Sebagian air tersebut ada yang meresap ke dalam tanah dan tersimpan menjadi air tanah. Sebagian lagi hanyut ke sungai dan mengalir kembali menuju lautan. Selain air asin dan air tawar yang ada di bumi ini, ada lagi jenis air yang juga merupakan habitat ikan, yakni air payau (*Brackish water*). Air payau adalah air yang tersedia di alam ini, yang merupakan campuran antara air asin dengan air tawar. Air ini memiliki kandungan garam (salinitas) 18-30%. Tambak dan muara sungai merupakan contoh dari bentuk air payau [16].

2.2.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman air sangat menentukan kualitas air. Setiap organisme memerlukan kisaran nilai pH untuk dapat hidup dan berkembang biak. Bila derajat keasaman air tidak sesuai, ikan tidak dapat hidup dengan baik, bahkan dapat berakibat kematian. pH yang tepat dalam kolam budidaya ikan memiliki peran penting dalam kesehatan dan pertumbuhan ikan. Secara umum, mujair umumnya lebih suka lingkungan dengan pH netral hingga sedikit basa. Rentang pH yang ideal untuk mujair berkisar antara 6,5 hingga 8. Menjaga pH dalam kisaran ini penting untuk mengurangi stres pada ikan dan memastikan penyerapan nutrisi

yang optimal. pH yang stabil dalam kolam juga membantu mencegah perubahan *ekstrem* yang dapat memengaruhi kesehatan ikan.

Derajat keasaman lebih dikenal dengan istilah pH. pH yaitu logaritma dari kepekaan *ion-ion hydrogen* yang terlepas dalam suatu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktivitas *ion hidrogen* dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter) pada suhu tertentu, atau dapat ditulis:

$$\text{pH} = -\log[H]^+ \quad (2.1)$$

Pada pH rendah (keasaman yang tinggi), kandungan oksigen terlarut akan berkurang. Akibatnya, konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernafasan naik, dan selera makan berkurang. Hal yang sebaliknya terjadi pada suasana basa [17].

2.2.3 Sensor Kekeruhan Air (*turbidity*)

Sensor *Turbidity* adalah sensor modul yang berkerja untuk membaca kekeruhan pada air, pada dasarnya partikel kekeruhan tidak bisa dilihat oleh mata langsung. Semakin banyak partikel dalam air menunjukan tingkat kekeruhan air juga tinggi. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air akan diikuti oleh perubahan dari tegangan *output* sensor. Kekeruhan air dapat dibaca dengan menggunakan sensor yang disebut *turbidity*. Pengukuran ini akan memberikan Anda nilai dalam unit NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Rentang kekeruhan yang diterima dalam budidaya ikan mujair bisa bervariasi, tetapi sebagian besar ikan mujair dapat berkembang dengan baik dalam air dengan kekeruhan sekitar 10 - 20 NTU. Untuk mengelola kekeruhan air, Anda dapat mengambil beberapa tindakan, seperti menyediakan sumber cahaya yang cukup, mengurangi limbah organik, dan menjaga kebersihan kolam. [18].



Gambar 2.1 Sensor *Turbidity*

Spesifikasi sensor *turbidity*:

A. Tegangan Operasi: 5V DC

B. Arus saat beroperasi: 40mA (MAX)

C. Waktu Respons: <500ms

D. Resistensi isolasi: 100 m (min)

E. Metode Output:

F. Output analog: 0-4.5V

G. Output Digital: Sinyal level Tinggi / Rendah (Anda dapat menyesuaikan nilai ambang dengan menyesuaikan potensiometer)

H. Suhu Operasional: 5 °C ~ 90 °C

I. Suhu Penyimpanan: -10 °C ~ 90 °C

J. Berat: 30g

K. Dimensi Adaptor: 38mm * 28mm * 10mm / 1.5 inci * 1.1 inci * 0.4 inci

2.2.4 Ikan Mujair

Ikan Mujair mempunyai tubuh pipih. Ukuran sisik pada tubuh kecil dengan tipe stenoid (ctenoid). Warna tubuh abu-abu, coklat, atau hitam tergantung kondisi lingkungan hidupnya. Mulutnya agak besar dan mempunyai gigi-gigi yang halus. Posisi sirip perut terhadap sirip dada *thoracic*. Garis rusuk (*linea lateralis*) tidak sempurna atau terputus menjadi dua bagian. Jumlah sisik pada garis rusuk pada bagian atas 18 – 21 buah dan pada bagian bawah 10 - 15 buah. Sirip dada sirip perut berwarna hitam kemerahan, sedangkan sirip punggung dan sirip ekor berwarna kemerah-merahan pada ujung-ujungnya. Mujair adalah jenis ikan air tawar yang umumnya memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Mereka cenderung dapat bertahan dalam beragam suhu air, meskipun suhu optimal untuk pertumbuhan mereka biasanya berkisar antara 24°C hingga 30°C. Selain itu, mujair juga relatif toleran terhadap *fluktuasi* pH dan oksigen terlarut dalam air. Mereka dapat hidup dalam lingkungan dengan pH netral hingga sedikit basa (sekitar 6,5 hingga 8) dan memerlukan oksigen terlarut yang cukup untuk bernapas dengan baik. Namun, menjaga kualitas air yang baik dan menghindari fluktuasi yang ekstrem dalam parameter lingkungan tetap penting untuk memastikan ketahanan dan kesehatan ikan mujair selama budidaya.



Gambar 2.2 Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*)

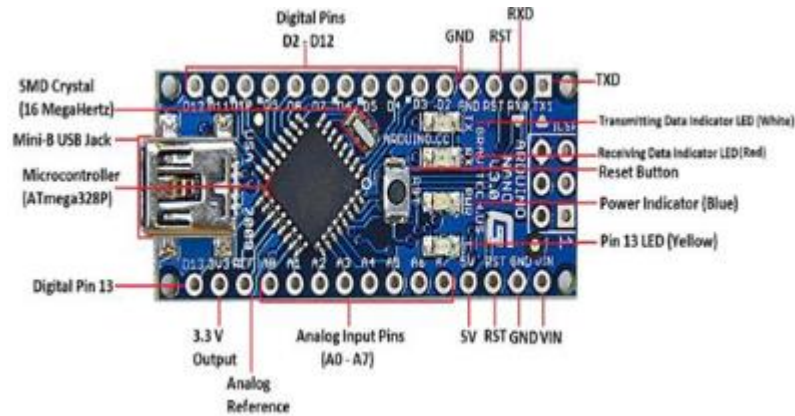
Sumber: (Sufyan et al., 2019)

2.2.5 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu varian dari produk *board* mikrokontroler keluaran arduino. Arduino Nano adalah *board* arduino terkecil, menggunakan mikrokontroler atmega 328 untuk arduino nano 3.x dan atmega168 untuk Arduino Nano 2.x. Varian ini memiliki rangkaian yang sama dengan jenis Arduino *Duemilanove*, namun tetapi dengan ukuran dan desain PCB yang berbeda. Arduino Nano terlengkapi dengan soket catudaya, tetapi terdapat pin untuk catu daya luar atau dapat dari mini *USB port*. Arduino Nano di *desain* dan diproduksi oleh *Gravitech* [19].

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Nano

Pin No.	Nama	Tipe	Deskripsi
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital <i>input/output port</i> 0 to 13
3, 28	RESET	<i>Input</i>	Reset (<i>active low</i>)
4, 29	GND	PWR	<i>Supply ground</i>
17	3V3	<i>Output</i>	+3 3V <i>output (from FTDI)</i>
18	AREF	<i>Input</i>	ADC <i>reference</i>
19-26	AD-A7	<i>Input</i>	Analog <i>input channel</i> 0 to 7
27	+5V	<i>Output or Input</i>	+5V <i>output (from an-board regulator) or +5V (input from external power supply)</i>
30	VIN	PWR	<i>Supply voltage</i>



Gambar 2.3 Arduino Nano

2.2.6 Sensor pH SEN0160

Sensor pH menggunakan elektroda industri sehingga memberikan hasil pembacaan yang akurat disertai dengan pemasangan yang mudah. Sensor ini memiliki LED yang berfungsi sebagai indikator daya, konektor BNC (*Bayonet Neill–Concelman*) dan antarmuka sensor pH2.0. Kadar pH ditampilkan dalam rentang 0 hingga 14 pH. Sensor ini terdiri dari probe dan modul pengkondisi sinyal [20].

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 [21].



Gambar 2.4 Sensor pH SEN0160

Spesifikasi sensor pH:

- A. Tegangan Modul: 5 V
- B. Ukuran Modul: 43 mm x 32 mm
- C. Rentang Pengukuran: 0-14 PH
- D. Suhu Kerja: 0-60 °C
- E. Akurasi: $\pm 0,1$ pH (25° C) m
- F. Waktu Respon: 1 menit
- G. Industri Elektroda pH dengan Konektor BNC
- H. Antarmuka PH2.0 (patch 3 kaki)

2.2.7 Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu dan mengkonversikan menjadi besaran tegangan. Sensor suhu ini memiliki presisi tinggi dan tahan terhadap air. Nilai keluaran pada sensor ini merupakan data digital sehingga tidak diperlukan perangkat lain untuk mengubah nilai analog ke digital. Sensor suhu DS18B20 memiliki tiga pin yang terdiri dari VCC, *Ground*, dan Data [22].



Gambar 2.5 Sensor Suhu DS18B20

Spesifikasi sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:

- 1) Bekerja pada kisaran tegangan 3 V-5,5 V
- 2) Konsumsi arus sebesar 1 mA
- 3) Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 125°C
- 4) Akurasi $\pm 0,5\%$ akurasi dari suhu -10 - 85°C
- 5) Resolusi dapat dipilih antara 9-12 bit
- 6) Kecepatan mengkonversi suhu < 750mS

2.2.8 Relay

Relay adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka disekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam *ferromagnetis*. Penemu *relay* pertama kali adalah Joseph Henry pada tahun 1835 (Elangskti,2013)



Gambar 2.6 Relay

2.2.9 Pompa Air

Pompa adalah alat yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik, yang berguna untuk memindahkan fluida dari tempat satu ke tempat lain dengan cara memberikan energi mekanik pada pompa kemudian diubah menjadi energi gerak.

Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikkan air dari sebuah air seperti sungai, waduk, kolam, dan sumur ke lahan pertanian dimana aktivitas budi daya tanaman dilakukan. Untuk mensuplai air, maka dalam pelaksanaan irigasi, penggunaan pompa dapat dilakukan secara tunggal, seri dan paralel yang kesemuanya tergantung pada kebutuhan serta peralatan yang ada. Dalam pemasangan pompa, harus mengetahui karakteristik pompa yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimum [23].

2.2.10 Modul GSM SIM800L

Arduino SIM800 adalah modul GSM/GPRS *quad-band* yang bekerja pada frekuensi 900 MHz EGSM, 850 MHz GSM, 1.800 MHz, dan 1.900 MHz PCS. Ini juga dilengkapi dengan kelas multi-slot GPRS yang terdiri dari 12/kelas 10 (opsional). dan juga mendukung urutan skema pengkodean CS-1, CS-2, CS-3, dan CS-4 GPRS. Ini juga memiliki satu port UART. Ini juga dilengkapi dengan satu

port USB yang sebagian besar dapat digunakan untuk memperbarui firmware dan berguna untuk debugging Output penerima dan input mikrofon juga dimungkinkan melalui saluran audio.

SIMS00L telah dikonfigurasi dengan satu antarmuka kartu SIM, yang mengintegrasikan protokol TCP/IP. Pengoperasian SIM8001 dilakukan pada suplai dalam kisaran 3,4 hingga 4,4 V. Melakukan panggilan, mengirim, atau menerima teks, audio melalui internet, adalah beberapa utilitas SIM800L. Oleh karena itu, memungkinkan dan berguna ketika diterapkan dalam proyek [24].



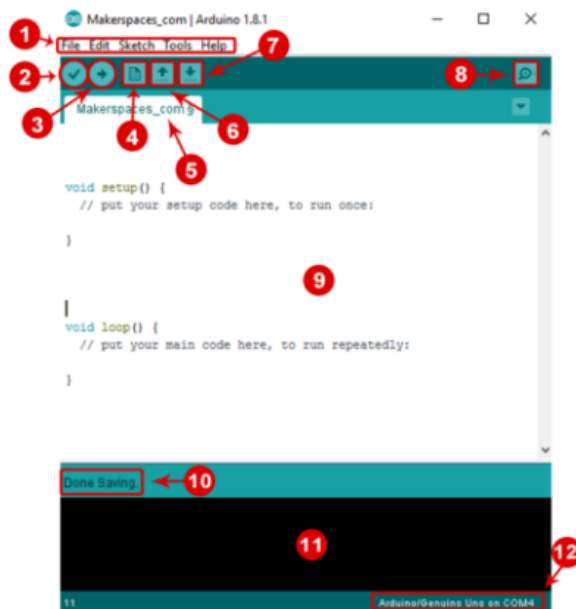
Gambar 2.7 Modul GSM SIM800L

2.2.11 Arduino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang sangat canggih yang ditulis dengan menggunakan Java. Arduino IDE terdiri dari:

- *Editor program*, yaitu sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa C/C++.
- *Compiler*, yaitu sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner. Bagaimanapun canggihnya sebuah microcontroller, ia tidak akan bisa memahami bahasa tingkat tinggi (bahasa C/C++). Yang bisa dipahami oleh sebuah microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
- *Uploader*, yaitu sebuah modul yang memuat kode *biner* dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan Arduino.

Gambar 2.7 menunjukkan contoh tampilan Arduino IDE dengan sebuah program yang selanjutnya disebut dengan sebuah *sketch* yang sedang diedit.



Gambar 2.8 Editor pada Arduino IDE

Berikut ini penjelasan mengenai fungsi dari masing-masing bagian dari tampilan Arduino IDE pada Gambar 2.8.

1. *Menu Bar*: memberikan akses kepada pengguna untuk menggunakan fitur-fitur yang dibutuhkan untuk membuat atau menyimpan *sketch* Arduino.
2. *Verify Button*: berguna untuk meng-*compile sketch* dan mengecek apabila terdapat *error*.
3. *Upload Button*: tombol yang berguna untuk mengunggah atau mengirim program ke papan Arduino.
4. *New Sketch*: untuk membuka lembar kerja baru.
5. *Sketch Name*: merupakan tampilan dari nama *sketch* yang telah disimpan.
6. *Open Existing Sketch*: berguna untuk membuka *sketch* yang telah disimpan atau membuka *sketch* yang telah tersedia pada *examples*.
7. *Save Sketch*: untuk menyimpan *sketch* yang sedang dikerjakan.
8. *Serial Monitor*: merupakan bagian untuk menampilkan informasi serial ketika papan Arduino telah tersambung.
9. *Code Area*: merupakan tempat di mana pengguna dapat menulis dan menyunting *sketch*.

10. *Message Area*: berguna untuk menampilkan status terkini, seperti *saving, code compiling, error*, dsb.

11. *Text Console*: berguna untuk menunjukkan informasi *error* secara detail. ukuran program yang telah di-*compile*, dan berbagai informasi tambahan lainnya.

Board and Serial Port: berguna untuk menunjukkan jenis papan Arduino dan serial *port* yang digunakan [25].

2.2.12 Blynk

Untuk mengoperasikan sesuatu menggunakan aplikasi *Internet of Things Blynk* adalah platform yang paling cocok yang dapat memiliki kontrol roda gigi dari jarak jauh, visual data sensor, untuk melakukan berbagai hal, meramalkan hal-hal dan banyak lagi dengan biaya rendah. Ada tiga bagian penting dalam aplikasi yang dikategorikan sebagai:

1. Aplikasi *Blynk*: Mengizinkan antarmuka ke perangkat Anda untuk dikendalikan. memanfaatkan, melakukan dengan kontrol maksimal.
2. Server *Blynk*: Bertanggung jawab atas semua antarmuka antara peralatan dan ponsel untuk penyimpanan dan command prompt kita dapat memanfaatkan *cloud Blynk* dan ruang lokal di server *Blynk*. Dengan aplikasi cloudnya dapat menjalankan data dalam jumlah besar dengan beberapa gadget juga dapat diterapkan untuk dijalankan di *Raspberry Pi* untuk aplikasi yang diperluas,
3. *Blynk Libraries*: Untuk mengeksekusi semua prosedur korespondensi dengan perintah dari server dan mengurutkan pengoperasian peralatan konvensional secara bertahap.

Jika ada yang memvisualisasikan kinerja aplikasi *Blynk* bahwa setiap kali seseorang menekan tombol di aplikasi, perintah masuk ke gadget terkait yang terhubung dengannya melalui server *cloud Blynk* dan kinerjanya terlihat di gadget yang sesuai dalam tampilan mata *Blynk* keindahan aplikasi [26].



Gambar 2. 9 Tampilan *Blynk*

2.2.13 Metode *Fuzzy Mamdani*

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan suatu sistem untuk mengontrol pH air dalam kolam ikan mujair. 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:

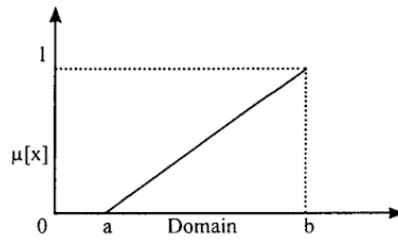
a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan prosedur untuk menguji setiap parameter sebelum diperoleh nilai yang sebenarnya. Perhitungan dari pH, kekeruhan dan suhu air akan dilakukan disini. Ada beberapa fungsi logika *fuzzy* yang sering digunakan, sebagai berikut:

1. Representasi Kurva Linear

Untuk representasi kurva linear, *input* ke derajat anggota 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 [27]. Bisa dilihat

pada gambar 2.10 adalah representasi fungsi keanggotaan untuk naik secara linier:



Gambar 2.10 Representasi Kurva Linear Naik [27]

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

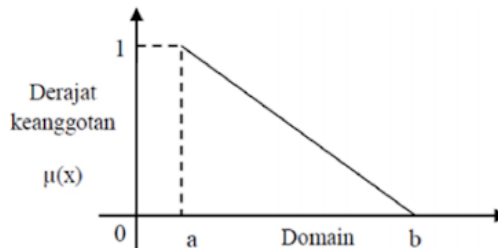
Keterangan:

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*

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian dengan cepat beralih ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah [26]. Bisa dilihat pada gambar 2.11, adalah representasi fungsi keanggotaan untuk linear turun:



Gambar 2.11 Representasi Kurva Linear Turun [27]

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; a < x \leq b \\ 0; x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

Keterangan:

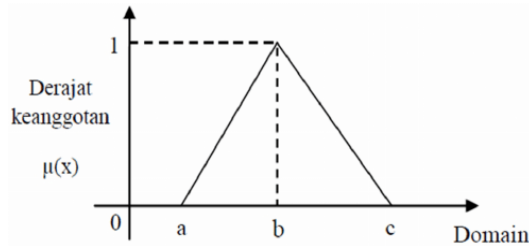
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

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

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan antara dua garis (linear) [27]. Bisa dilihat pada gambar 2.12 representasi kurva linear naik.



Gambar 2.12 Representasi Kurva Linear Naik [27]

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

Keterangan:

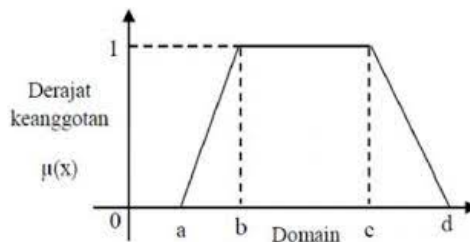
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

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

3. Representasi Kurva Trapezium

Kurva trapezium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 [29]. Bisa dilihat pada gambar 2.13 representasi kurva linear naik.



Gambar 2.13 Representasi Kurva Linear Naik [27]

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

Keterangan:

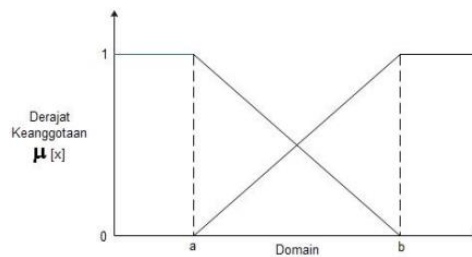
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

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 terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan fuzzy ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Bisa dilihat pada gambar 2.14 representasi kurva bentuk bahu.



Gambar 2.14 Representasi Kurva Bentuk Bahu [27]

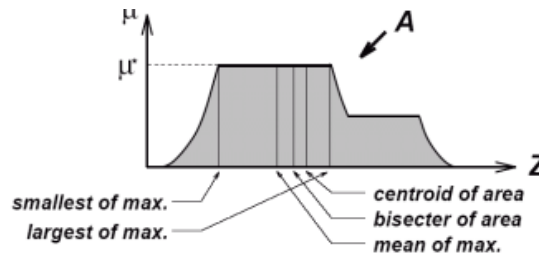
$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; x \geq b \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; a \leq x \leq b \\ 1; x \geq a \\ 0; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a \leq x \leq b \\ 1; x \geq b \end{cases} \quad (2.6)$$

b. Inferensi

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. $\mu A \cap [x] = \min ([x], [\alpha])$. Sehabis tahap inferensi berakhir, data masukan digunakan untuk melanjutkan proses komposisi dari berbagai fenomena alam. Fungsi yang akan digunakan dengan metode mamdani MIN [28].

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 telah dihasilkan dari proses komposisi partikel *fuzzy* alami dan hasilnya adalah nilai spesifik yang relevan untuk himpunan *fuzzy* tersebut [27].



Gambar 2.15 Defuzzifikasi Aturan Mamdani [27]

Sesuai dengan Gambar 2.15, jika ada informasi fuzzy yang diberikan dalam rentang yang ditentukan, maka informasi crisp yang ditentukan harus tersedia sebagai keluarannya. Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam *range* tertentu, maka harus dapat di ambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output seperti terlihat pada gambar 2.15 berikut: [30].

a. Metode *Centroid (Composite Moment)*

Metode ini merupakan solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*, secara umum dirumuskan pada persamaan 2.1 untuk variabel kontinyu dan persamaan 2.2 untuk variabel diskrit.

a) Variabel kontinu

$$z = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad (2.7)$$

b) Variabel diskrit

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.8)$$

b. Metode bisector

Metode ini merupakan solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil mengambil nilai daerah *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari

jumlah total nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\int_{\alpha}^{z^{BOA}} \mu(z) dz = \int_{z^{BOA}}^{\beta} \mu(z) dz \quad (2.9)$$

Dimana:

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

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

c. Metode Mean of Maximum (MOM)

Metode ini memberikan solusi *crisp* dengan mengambil mean dari domain dengan nilai keanggotaan terbesar.

d. Metode Largest of maximum (LOM)

Metode ini memberikan solusi *crisp* diperoleh dengan mengambil nilai terbesar dari domain dengan nilai keanggotaan terbesar.

e. Metode Smallest of maximum (SOM)

Metode ini memberikan solusi *crisp* dengan mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2.14 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%. Berikut adalah beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengujian sensor:

1. *Error*

Error adalah 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 [31]. Berikut ini rumus dari persentase *error*:

$$Error = \frac{\text{Nilai pembanding sensor} - \text{Nilai sensor}}{\text{Nilai pembanding sensor}} \times 100\% \quad (2.10)$$

2. Akurasi

Akurasi merupakan suatu sistem atau metode pengukuran dalam memberikan hasil yang mendekati hasil yang sebenarnya yang diinginkan. Dalam pengukuran, akurasi menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran yang diberikan oleh instrumen atau sistem pengukuran dapat diandalkan dan tepat. Akurasi dapat dinyatakan dalam persentase atau dalam bentuk nilai absolut [32]. Berikut ini rumus dari akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Total Data} - \text{Total Data Tidak Sesuai}}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (2.11)$$