

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa tinjauan pustaka yang dapat mendukung penelitian, berikut ini beberapa tinjauan pustaka yang dipakai dalam penelitian ini ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No literatur	Penulis	Tahun	Judul
Literatur 1	Eggy Krysando Ardilles, Akhmad Jayadi, S. Samsugi	2022	Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Dengan Metode Fuzzy Mamdani Berdasarkan pH, Suhu dan Kekeruhan Berbasis Internet Of Things
Literatur 2	Tri Widodo, Angga Bayu Santoso, Sahrial Ihsani Ishak	2023	Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT
Literatur 3	Kridho Cokro Bagaskoro	2019	Pengunaan Arduino uno untuk Pengukuran Suhu, Ph dan Do Air Kolam Ikan Bawal Menggunakan Logika Fuzzy
Literatur 4	Yuslena Sari, Eka Setya Wijaya, Andreyan Rizky Baskara	2023	Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air pada Kolam Ikan Lele pada Pembudidaya TDR Sultan Adam Banjarmasin
Literatur 5	Yosia Nindra Kristiantya, Eko Setiawan, Barlian Henryranu	2022	Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino

2.1.1 Literatur 1

Penelitian yang dilakukan oleh Eggy Krysando Ardilles, Akhmad Jayadi, S. Samsugi pada tahun 2022 dengan judul “Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Dengan Metode Fuzzy Mamdani Berdasarkan pH, Suhu dan Kekeruhan Berbasis Internet Of Things” Berdasarkan hasil pengujian sensor untuk mengukur pH, suhu dan kekeruhan air.kolam ikan lele, hasil pengukuran rata-rata indikator sensor cukup baik *error* pada sensor pH sebesar 1,13% dan rata-rata *error* pada sensor suhu sebesar 1,26%. Pengolahan data dari masukan ketiga sensor ditangani secara Fuzzy Mamdani Hasil perbandingan antara mikrokontroler dengan aplikasi Matlab menghasilkan nilai output yang cukup baik, dengan rata-rata error output pompa sebesar 0,43°n dan *output heater* sebesar 0,44%. Data dari sensor pH, suhu dan turbiditas, data dari ketiga input sensor dapat dikirim ke platform Thingspeak dan data dapat ditampilkan melalui web dan *smartphone*.

2.1.2 Literatur 2

Penelitian yang dilakukan oleh Tri Widodo, Angga Bayu Santoso, Sahrial Ihsani Ishak dengan judul “Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT” Pada alat ini dilakukan pengujian yang diperoleh melalui analisis, diuji dan diterapkan untuk sampai pada suatu kesimpulan bahwa sistem mengontrol rasio kualitas air terhadap pH dan suhu air berhasil meningkatkan pertumbuhan dan kurangi angka kematian ikan lele dengan memeliharanya kestabilan suhu dan pH air kolam pada nilai yang ditetapkan dan aplikasi android yang dibuat berhasil menampilkan nilai dari hasil pengukuran sensor pH dan suhu diperoleh dihosting di *cloud Firebase* untuk pelacakan kualitas air berupa suhu dan pH dapat ditentukan dari jarak jauh. Perlu pengembangan lebih lanjut terapkan masa tunggu agar larutan dapat menstabilkan pH oleh karena itu menyebar lebih cepat ke seluruh area kolam dan perlu meningkatkan pendingin agar bekerja lebih cepat mengembalikan suhu ke titik setel saat cuaca panas.

2.1.3 Literatur 3

Penelitian yang dilakukan oleh Kridho Cokro Bagaskoro yang berjudul “Penggunaan Arduino uno untuk Pengukuran Suhu, Ph dan Do Air Kolam Ikan

Bawal Menggunakan Logika Fuzzy” Pada Penelitian ini dilakukan pengujian pada hasil penggabungan dari 3 sensor di mana pada no.1 terdapat pH 6,7 suhu 26,6 °C dan Do 5,44 dan kondisi/tindakan awal dikarenakan pada 2 sensor pH dan suhu masih dalam standar dari takaran 3 kondisi tersebut. Lalu di no.3 terdapat pH 7,7 suhu 26 °C dan DO 5,44 dan kondisi/tindakan menengah di karenakan ppada sensor pH mulai adanya perubahan setengah dari standar yang di normalkan pada pH air tersebut tapi masih batas normal. Lalu di no.5 terdapat pH 8 suhu dari air 28 °C dan Do 5,44 dan kondisi/tindakan lanjut maka dari kondisi tersebut kolam tersebut sudah mencapai puncak batas normal, maka di perlukan suatu tindakan yaitu mengganti atau menguras dari kolam ikan tersebut.

2.1.4 Literatur 4

Penelitian yang dilakukan oleh Yuslena Sari, Eka Setya Wijaya, Andreyan Rizky Baskara pada tahun 2023 yang berjudul “Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air pada Kolam Ikan Lele pada Pembudidaya TDR Sultan Adam Banjarmasin” Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan kualitas air pada budidaya ikan pangasius berdasarkan *protokol* LoRa dan mengetahui *efektivitas* metode *logika fuzzy* dalam menentukan kualitas air kolam tergantung pada suhu air, pH air dan amonia. Perhitungan logika fuzzy pada keluaran *mikrokontroler* dan *Matlab* serta kelengkapan informasi ahli untuk menentukan kualitas air kolam renang diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 0,46%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan kualitas air yang dibangun dengan protokol LoRa menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan kualitas air dan layak untuk digunakan langsung.

2.1.5 Literatur 5

Penelitian yang dilakukan oleh Yosia Nindra Kristiantya, Eko Setiawan, Barlian Henryranu pada tahun 2022 dengan judul “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino” Dari Hasil pengujian sistem yang dilakukan dalam penelitian ini secara keseluruhan mendapatkan hasil yang baik. Hal ini juga didukung oleh faktor eksternal khususnya, menjaga kualitas air yang baik seperti halnya Anda sedang mengeringkan kolam ikan setiap minggu adanya penutup atap untuk kondisi kolam

yang teduh atau tidak teduh paparan sinar matahari langsung. Waktu eksekusi rata-rata sistem ini diperoleh berdasarkan hasil tes telah dilaksanakan yaitu sistem telah terdaftar mampu menjalankan atau menjalankan suatu program dengan waktu rata-rata 1,4 detik. Metode *fuzzy* digunakan dalam penelitian ini tentang mengambil kendali dan membuat keputusan dalam sistem untuk menjaga kualitas air kolam ikan, terutama dari segi suhu dan amonia. Hasil dan analisis pengujian metode *opacity* digunakan saat membandingkan keluaran kode program digunakan dalam sistem dengan inferensi *fuzzy* Sistem di *Mathlab* mencapai hasil yang baik yaitu dengan mengambil nilai rata-rata kesalahan dalam metode *fuzzy* yang diterapkan pada sistem, khususnya 3.9.

2.2 Sintesis Penelitian

Sintesis penelitian adalah proses menggabungkan, meringkas, dan menyusun temuan-temuan penelitian yang relevan dari berbagai sumber menjadi suatu rangkuman yang komprehensif dan informatif. Sintesis penelitian bertujuan untuk menyajikan informasi rinci tentang topik tertentu dengan mengintegrasikan hasil penelitian yang berbeda yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk melihat rangkuman mengenai persamaan, perbedaan, kekurangan dan kesimpulan dari masing-masing literatur review yang digunakan dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Sintesis Penelitian

Pengarang	Ringkasan (<i>Summary</i>)	Metode dan Pendekatan	Kesamaan (<i>Compare</i>)	Perbedaan (<i>Contrast</i>)
(Ardilles et al., 2020)	Penelitian ini menghasilkan sistem Fuzzy Logic Mamdani yang diimplementasikan untuk mengukur, mengontrol dan	Menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani	Memiliki kesamaan dalam pengontrolan pH dan suhu menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani	Penelitian menggunakan mikrokontroller Wemos D1 R32 dan juga memiliki juga menggunakan Sensor SEN0189

	<p>mengirim data pH, suhu dan kekeruhan pada kolam ikan lele melalui platform IoT Thingspeak. Kontrol fuzzy Mamdani digunakan untuk mengontrol pompa air dan heater dengan input data dari sensor pH, suhu dan kekeruhan.</p>			<p>sebagai sensor kekeruhan</p>
<p>(Widodo et al., 2023)</p>	<p>Sistem kendali kualitas air mengendalikan naik turunnya kualitas air berupa suhu dan pH air menggunakan kendali proporsional serta dapat memonitoring suhu dan pH air dengan dengan aplikasi yang terinstall pada smartphone. Data</p>	<p>Metode yang digunakan berupa metode prototype.</p>	<p>Memiliki kesamaan dalam pengendalian kualitas pH dan suhu pada kolam lele menggunakan heater dan larutan pH.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan mikrokontroller ESP8266 sebagai platform IoT pada Realtime Database Firebase akan ditampilkan ke aplikasi smartphone yang telah dibuat.</p>

	yang ditampilkan diambil secara realtime dari cloud Firebase open source.			
(Cokro Bagaskoro, 2019)	<p>Pada alat ini cara kerja pengontrolan air kolam ikan bawah secara keseluruhan yaitu power supply menyuplai tegangan pada setiap komponen yang digunakan agar dapat berfungsi.</p> <p>Berikutnya sensor suhu, sensor pH dan sensor DO.</p> <p>Masing-masing sensor berkerja sesuai fungsinya.</p> <p>Kemudian hasil dari ketiga sensor tersebut di kirimkan ke arduino uno untuk di olah dengan</p>	<p>Pada penelitian ini di gunakan metode Fuzzy Logic</p>	<p>Memiliki persamaan menggunakan mikrokontroller Arduino Uno dalam pengendalian kualitas suhu dan pH pada kolam ikan</p>	<p>Pada penelitian ini menggunakan 3 sensor, seperti sensor Do yang untuk melakukan pengujian kadar oksigen.</p>

	<p>menggunakan logika fuzzy. Hasil dari pengolahan data yang menggunakan logika fuzzy tersebut selantunya di jadikan output data akurat dan nantinya akan di tampilkan di LCD.</p>			
--	--	--	--	--

2.3 Metode Fuzzy Logic

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar yang artinya suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Logika Fuzzy (Fuzzy Logic) merupakan sebuah pendekatan untuk komputasi berdasarkan derajat kebenaran yang biasanya dinyatakan dengan benar atau salah/1 atau 0. Logika fuzzy adalah sebuah metodologi “berhitung” dengan variabel kata-kata, sebagai pengganti berhitung dengan bilangan(Santya et al., 2019). Maka metode fuzzy mamdani cocok untuk digunakan dalam penelitian karna metode fuzzy akan lebih akurat dalam menentukan suatu output berupa hasil himpunan fuzzy.

Pada prinsipnya himpunan fuzzy adalah perluasan himpunan crips, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota. Fuzzy mamdani adalah metode yang juga sering di kenal dengan metode max-min atau max-product yang menjadi alasan dipilihnya fuzzy mamdani lebih baik dan mudah diimplementasikan dalam pengontrolan variabel input dan output, seperti suhu dan pH pada kolam ikan. Metode Mamdani dikenal juga sebagai metode min-max, diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun

1975. Metode fuzzy mamdani banyak digunakan untuk penelitian tentang sistem cerdas. Sistem cerdas tersebut dapat berupa sistem pakar atau juga sistem pendukung keputusan (SPK).(Santya et al., 2019)

2.3.1 Fuzzifikasi

Langkah pertama dalam metode fuzzy mamdani adalah fuzzifikasi yang merupakan pembentukan himpunan fuzzy. Langkah pertama adalah melakukan perhitungan terhadap angka yang ada. Proses fuzzifikasi sebenarnya dapat dilakukan dengan menghitung range atribut dengan tipe numeric. Nilai range tersebut digunakan untuk pembagi similarity antara data testing dengan data training. Agar lebih mudah dapat digunakan pengurangan antara nilai tertinggi dengan nilai terendah dalam atribut tersebut(Al Karomi, 2018).

2.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Langkah kedua dari metode fuzzy mamdani adalah fungsi implikasi dimana untuk menentukan antara variable input dan output. Fungsi implikasi yang terdapat dalam metode ini nilai min (minimum). Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Pembuatan himpunan fuzzy dapat dibuat berdasarkan dengan variabel input dan output yang sudah dibuat sebelumnya. Rumusnya sebagai berikut (Warmansyah & Hilpiah, 2019) :

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

2.3.3 Komposisi Aturan

Komposisi aturan yang digunakan hasil dari fungsi implikasi dimana dalam metode fuzzy mamdani, adalah dengan menentukan nilai max(maximum). Pada tahap ini nilai max digunakan untuk dapat menentukan nilai set point pada alat yang digunakan untuk dapat melakukan komposisi aturan. Inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 macam aturan Max, Additive, dan probabilistik OR (probor)(Vinsensia & Utami, 2018). Langkah yang dapat dilakukan untuk menentukan jumlah nilai set point yang digunakan adalah sebagai berikut :

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

2.3.4 Defuzzikasi

Langkah terakhir adalah penegasan atau defuzzifikasi yang akan digunakan adalah metode Centroid. Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan satu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Pada metode centroid ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy (Vinsensia & Utami, 2018). Metode centroid atau dapat disebut center of area adalah suatu metode yang paling banyak digunakan dalam proses defuzzifikasi. Langkah dalam penyelesaian metode centroid dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\mu(x) = \frac{\int_a^b x\mu(x)dx}{\int_a^b \mu(x)dx}$$

2.4 Ikan Lele

Ikan lele, yang memiliki nama ilmiah *Clarias gariepinus*, adalah salah satu jenis ikan air tawar yang populer di berbagai belahan dunia, terutama di negara-negara tropis dan subtropis. Ikan lele mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan ikan lainnya, antara lain pertumbuhannya cepat dan mudah menyesuaikan diri dengan lingkungan. Ikan lele banyak diminati sebab mudah diolah, rasanya lezat, serta berprotein tinggi (Ciptawati et al., 2021). Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung pada tahun 2019 sampai dengan 2021 ikan lele adalah ikan dengan produksi tertinggi, dan pada tahun 2021 ada 89,90 ton ikan lele yang telah di produksi. (badan pusat statistik kota bandar lampung, 2021).

2.5 Arduino Uno R3



Gambar 2. 1 Arduino Uno R3

(Sumber :(Nindra Kristiantya et al., 2022))

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang populer, dirancang untuk membuat prototipe dan proyek elektronik. Arduino Uno memiliki sejumlah pin input/output digital (14 pin) dan pin analog (6 pin). Pin ini dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor, perangkat input/output, dan komponen lainnya. Arduino UNO berukuran sebesar kartu kredit. Walaupun berukuran kecil seperti itu, papan tersebut mengandung mikrokontroler dan sejumlah input/output (I/O) yang memudahkan pemakai untuk menciptakan berbagai proyek elektronika yang dikhususkan untuk menangani tujuan tertentu (Arrahman, 2022).

2.6 Sensor DS18B20



Gambar 2. 2 Sensor DS18B20

(Sumber : (researchgate, n.d.))

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang cukup populer dan sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik, termasuk proyek-proyek berbasis Internet of Things (IoT) dan perangkat berbasis mikrokontroler. Sensor DS18B20 juga memiliki ketahanan terhadap air atau *waterproof* sehingga sensor ini sangat cocok untuk digunakan pada penelitian. Suhu sensor DS18B20 bertegangan kerja sebesar 5 Volt, alat ini bekerja dalam suhu 55°C sampai suhu +125° c. Kelebihan dari sensor DS18B20 ialah keluaran data digital memiliki ketelitian data sebesar 0.5°C dengan temperatur kisaran 10°C hingga + 85°C (Ardiyansah & Nurpulaela, 2021).

2.7 Sensor SEN0161



Gambar 2. 3 Sensor SEN0161

(Sumber : (Yakin et al., 2021))

Sensor pH SEN0161 adalah salah satu jenis sensor pH yang sering digunakan dalam proyek-proyek elektronik, pemantauan kualitas air, dan eksperimen kimia. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pun sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah. pH meter banyak digunakan dalam analisis kimia kuantitatif. Probe pH mengukur pH seperti aktifitas ion-ion hidrogen yang mengelilingi bohlam kaca berdinding tipis pada ujungnya(Yakin et al., 2021).

2.8 Pompa DC

Pompa air adalah perangkat mekanik yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Kemampuan dari pompa air yaitu untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga membuat produk tersebut sering digunakan di berbagai tempat, seperti di lingkungan rumah tangga, atau di lingkungan industri(Alif et al., 2021). Pompa air untuk kolam ikan adalah salah satu komponen penting dalam sistem kolam ikan yang baik. Pada penelitian kali ini pompa air digunakan untuk dapat mengalirkan air pada kolam ikan.



Gambar 2. 4 Pompa Air

(Sumber : (Widodo et al., 2023))

2.9 Relay

Relay ini adalah perangkat switch yang digerakkan oleh sinyal listrik untuk membuka atau menutup aliran listrik dalam komponen alat. Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya(Gunarjati, 2019). Prinsip kerja dari relay adalah memutus dan menghubungkan arus listrik yang berada pada kontak tersebut, dengan cara memberi satu daya listrik pada kumparan kawat (koil) yang berada pada suatu inti besi lunak di dalam relay.

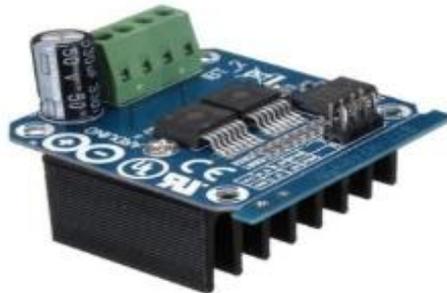


Gambar 2. 5 Relay

(Sumber : (Maulana et al., 2021))

2.10 Motor Driver BTS

Motor driver BTS7960 adalah modul pengendali motor yang dapat menangani arus hingga 43A, cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan daya tinggi seperti pengendalian pompa air di kolam lele. Driver motor adalah peningkat arus. Fungsi dari motor driver adalah untuk merubah sinyal kontrol dengan arus rendah menjadi arus yang lebih tinggi untuk menggerakkan motor. Pada penelitian, menggunakan driver motor BTS7960(Soedjarwanto, 2023). BTS7960 digunakan untuk mengontrol pompa air yang menambah atau mengurangi cairan pH, memastikan kondisi air kolam tetap optimal untuk pertumbuhan ikan lele.



Gambar 2.6 Motor Driver BTS7960

(Sumber : (Soedjarwanto, 2023))

2.11 Cairan pH Up dan Down

Cairan pH adalah larutan kimia yang digunakan untuk mengukur atau mengatur tingkat pH dalam suatu larutan. Cairan ini mengandung senyawa kimia yang berubah warna sesuai dengan tingkat pH larutan. Cairan pH ini dirancang untuk mengatur atau menjaga pH dalam suatu larutan pada tingkat tertentu. Mereka mengandung campuran asam dan basa yang seimbang untuk menghasilkan pH yang stabil ketika mereka ditambahkan ke dalam larutan. pH (power of hydrogen) yang memiliki kepekatan ion H. terlalu banyak ion H akan mengakibatkan pH bersifat asam dan beguti juga kebalikannya, jika kurang ion H maka bersifat basa. pH mempengaruhi berbagai parameter kualitas air (Ilmu et al., 2020).



Gambar 2. 7 Cairan Ph

(Sumber :www.SimonPeter.com)

2.12 Water Heater

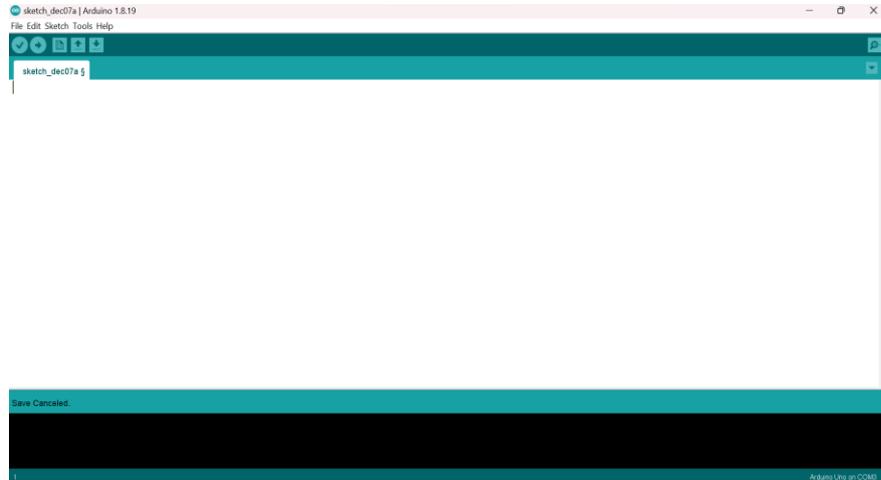
Water heater untuk kolam ikan adalah perangkat atau sistem yang digunakan untuk menghangatkan air dalam kolam ikan. Ini berbeda dengan water heater yang digunakan dalam aplikasi rumah tangga. Water heater untuk kolam ikan dirancang khusus untuk mengontrol suhu air dalam kolam ikan, yang penting untuk kesehatan dan kenyamanan ikan dalam kondisi budidaya. Selain menstabilkan suhu air, fungsi heater juga membantu mengurangi populasi jamur dan bakteri. Bukan hanya itu, heater juga membantu menyembuhkan ikan dari penyakit (Anggraini et al., 2018).



Gambar 2. 8 Water Heater

(Sumber : (Anggraini et al., 2018))

2.13 Arduino IDE



Gambar 2.9 Tampilan Arduino IDE

(Sumber : (Cokro Bagaskoro, 2019))

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram dan mengunggah kode ke mikrokontroler Arduino. Arduino adalah platform perangkat keras open-source yang sangat populer untuk proyek-proyek elektronika dan pemrograman. Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang akan diprogram. Software Arduino IDE dapat dilakukan proses compile dan upload program yang dibuat ke dalam mikrokontroler arduino. Kode-kode program arduino dibuat menggunakan bahasa pemrograman C (Triawan & Sardi, 2020). Bahasa C sendiri merupakan bahasa tingkat tinggi yang populer dan banyak digunakan programmer sehingga dapat memudahkan dalam merancang program penelitian ini.

2.14 Rumus Presentase Error

Adapun dalam menentukan presentase error dalam perbandingan di dalam pengujian, terdapat rumus yang dipakai yaitu sebagai berikut:

$$\%Error = \left| \frac{X - Xi}{Xi} \right| \times 100$$

(Sumber : Atma Ivory et al., 2021)

Pada perbandingan 1 terdapat rumus presentase error yang digunakan untuk mendapatkan nilai error dalam bentuk presentase dalam membandingkan suatu

input ke input lain serta suatu output ke output lain. Adapun keterangan rumus tersebut terdapat seperti berikut :

X = nilai sebenarnya atau nilai *real*

X_i = nilai yang terukur atau nilai dari alat