

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Sebagai pertimbangan tinjauan pustaka, penulis mengambil referensi dari beberapa penelitian berjudul "*Monitoring dan Controlling Kadar pH Pada Air Kolam Ikan dengan Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis ESP NodeMCU*". Tujuan penelitian ini adalah untuk membantu peternak ikan memantau kualitas air serta mengontrol proses pengisian dan pengurasan air kolam menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP serta dilengkapi dengan sensor pH, sensor suhu, dan sensor kekeruhan. Sebagai antarmuka antara mesin dan pengguna, digunakan aplikasi Blynk. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berfungsi dengan baik. Penelitian ini melalui dua tahap pengujian. Tahap pertama bertujuan untuk melakukan kalibrasi alat, sementara tahap kedua digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah dikembangkan. Hasil pengujian awal dimanfaatkan untuk memperoleh rumus koreksi kalibrasi. Uji performa sistem dilakukan di laboratorium melalui simulasi parameter suhu, pH, dan tingkat kekeruhan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem terbukti berfungsi dengan baik dalam kondisi laboratorium. Proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan menggunakan aplikasi Blynk melalui ponsel, dengan tingkat kesalahan sensor tertinggi sebesar 7,08% (Jeprianto & Rohmah, 2021).

Penelitian berjudul Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Suhu dan pH pada Budidaya ikan Nila (Giawa dkk., 2022). Perangkat ini ditenagai oleh sel surya dan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau pH dan suhu pada kolam ikan nila. Sistem ini menggunakan sensor suhu (DS18B20) serta sensor pH (modul 4502C dan probe E-201C); data diproses oleh mikrokontroler ESP8266 dan kemudian dikirim ke server Antares serta aplikasi Android khusus yang dibuat menggunakan Kodular Companion. Melalui aplikasi Android yang dapat dipasang di ponsel pintar dan terhubung ke server Antares saat tersedia koneksi internet, sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau suhu dan pH air kolam.

Dengan tingkat kesalahan maksimum sebesar 10%, sistem ini mampu mengukur pH dan suhu air (Giawa dkk., 2022).

Tujuan dari penelitian selanjutnya yang berjudul "Rancang Bangun dan Implementasi Perangkat Pemantau Kualitas Air Berbasis IoT untuk Kolam Ikan Menggunakan Mikrokontroler" adalah menciptakan perangkat yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kualitas air di kolam ikan. Parameter yang diukur antara lain suhu, pH, dan tingkat kekeruhan. Sistem ini berhasil memantau kolam ikan serta menyajikan pembacaan parameter secara *real-time*, yang membuktikan efektivitas konsep tersebut. Selain itu, pengelola kolam dapat memantau kondisi air dengan lebih mudah melalui pemantauan data parameter menggunakan aplikasi Blynk pada ponsel (Efendi dkk., 2020).

Tujuan lainnya berjudul "Implementasi IoT (*Internet of Things*) untuk Sistem Pemantauan dan Pengendalian Berbasis Web pada Kolam Ikan Gurami." Tujuan penelitian ini adalah menciptakan sistem untuk pemantauan dan pengelolaan pemberian pakan ikan, pengurasan kolam, serta pengaturan ketinggian air, tingkat pH, dan suhu air. Dua platform digunakan untuk pemantauan, yaitu situs web dan WhatsApp. Pengujian peralatan menunjukkan bahwa sensor pH memiliki tingkat kesalahan sebesar 1,1% saat diuji menggunakan larutan penyangga (buffer) pH 6,86, sensor ultrasonik memiliki tingkat kesalahan 0% dibandingkan dengan penggaris, dan sensor DS18B20 memiliki tingkat kesalahan 0,24% dibandingkan dengan termometer standar (Prasetya dkk., 2022).

Penelitian berjudul "Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Rekomendasi untuk Budidaya Benih Ikan Nila Menggunakan Parameter Kekeruhan, Suhu, dan pH dengan Algoritma Random Forest" merupakan referensi terakhir penulis. Tujuan penelitian ini adalah menciptakan sistem otomatis yang memanfaatkan sensor kekeruhan, pH, dan suhu serta didukung oleh algoritma Random Forest. Melalui kerja sama dengan pembudidaya ikan, sebuah studi kasus pada kolam ikan nila dilaksanakan di laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Prototipe tersebut berhasil mengintegrasikan sensor DS18B20, pH-4502C, dan SEN-0189 ke dalam satu unit fisik berukuran 21,5 x 14,5 x 8,5 cm. Akurasi sebesar 94,44% dicapai melalui metode Random Forest. Hasil ini

menunjukkan bahwa sebagian besar klasifikasi berlangsung secara akurat, yang membuktikan efektivitas model dalam menghasilkan prediksi yang tepat. Secara keseluruhan, sistem ini mendukung pengambilan keputusan oleh produsen ikan secara efektif dan konsisten (Wijaya dkk., 2017).

Selain itu, penelitian mengenai IoT yang berjudul "Perancangan dan Pembuatan Kunci Otomatis Menggunakan Pola Ketukan Berbasis Arduino" ini membahas tentang sistem pembuka kunci otomatis yang mampu mengenali jumlah ketukan. Jika jumlah ketukan yang terdeteksi adalah 20 (dua puluh) atau kurang, urutan ketukan dianggap benar; jika jumlahnya melebihi 20 (dua puluh), maka dianggap salah. Sistem ini juga mampu membedakan antara ketukan pelan dan keras yang dilakukan saat upaya membuka kunci pintu. Namun, suara ketukan yang direkam melalui ponsel tidak dapat digunakan untuk membuka kunci pintu atau berfungsi sebagai metode pengendalian akses, karena suara rekaman tersebut tidak menghasilkan getaran yang cukup kuat bagi sistem untuk mengenalinya sebagai sebuah ketukan (Laksono dkk., 2021).

Penelitian dari Armantya dkk., 2021, berjudul Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas CO dan LPG Berbasis IOT Menggunakan Nodemcu, menjelaskan cara kerja perangkat tersebut. Tujuan proyek ini adalah mengembangkan sistem pemantauan dan deteksi gas yang memanfaatkan internet untuk mengirimkan peringatan data secara *real-time*. Pengujian mengonfirmasi bahwa sistem telah dirancang dan diimplementasikan dengan tepat, serta perangkat beroperasi tanpa kendala. Saat kadar LPG melebihi ambang batas, perangkat membunyikan sirene, dan saat kadar CO melampaui batas yang ditentukan, perangkat mengaktifkan kipas. Perangkat ini menggunakan aplikasi Telegram untuk mengirimkan notifikasi secara daring setelah memproses data (Armantya dkk., 2021).

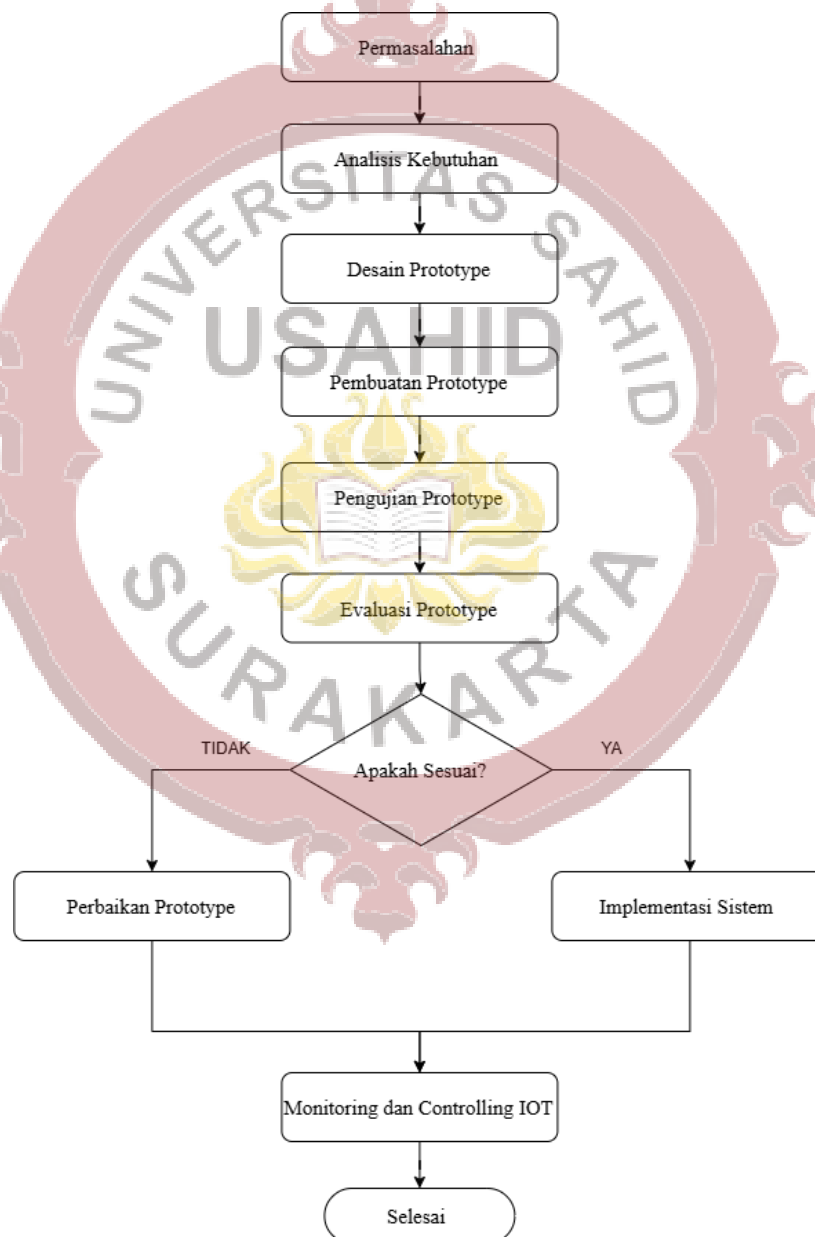
Selanjutnya, penelitian terakhir berjudul Rancang Bangun Prototipe Automatic Door Lock Menggunakan Modul RTC Berbasis Arduino (Dirgantara dkk., 2023) membahas gagasan pembuatan prototipe sistem otomatis untuk mengunci dan membuka kunci setiap ruang kelas sebagai bagian dari satu sistem terintegrasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino dan modul *real-time* clock (RTC). Sistem beroperasi berdasarkan jadwal waktu, membuka kunci pintu secara otomatis

pada waktu yang telah ditentukan, dan menguncinya kembali pada waktu lain. Selain itu, teknologi ini memungkinkan pembukaan kunci ruang kelas tertentu jika akses diperlukan di luar jadwal yang telah ditetapkan (Dirgantara dkk., 2023).

Menurut Alam (2024), dibandingkan dengan aplikasi yang tidak menggunakan *FreeRTOS*, penggunaan *FreeRTOS* pada mikrokontroler *single core* dapat meningkatkan kemampuan sistem untuk menjalankan berbagai tugas secara bersamaan—dengan cara beralih di antara tugas-tugas tersebut. Penelitian ini menguji tiga aktivitas: membaca data dari sensor cahaya, melakukan perhitungan, dan mengendalikan LED agar berkedip. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berbasis *FreeRTOS* menjalankan tugas-tugas tersebut dengan lebih andal. Sistem dengan *FreeRTOS* menyelesaikan 437 tugas dalam 1 menit, sedangkan sistem tanpa *FreeRTOS* hanya menyelesaikan 122 tugas. Temuan ini mengindikasikan bahwa *FreeRTOS* meningkatkan efektivitas eksekusi tugas serta menjaga stabilitas saat melakukan multitasking pada sistem tertanam (*embedded systems*).

2.2. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran merupakan diagram yang menggambarkan alur logis dalam sistematika penulisan tugas akhir. Oleh karena itu, kerangka pemikiran disajikan dalam bentuk bagan yang saling terhubung dan mengalir secara runtut. Kerangka pemikiran penerapan teknologi IoT untuk *monitoring* dan *controlling* pada peternakan ikan nila dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kerangka Pemikiran

2.2.1. Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis, penulis menggunakan dua metode pengumpulan data sebagai langkah awal yang krusial dalam pengembangan sistem IoT untuk budidaya ikan nila. Dengan memahami kebutuhan pengguna dan sistem, pengembang dapat merancang solusi yang efektif, efisien, dan sesuai dengan harapan pengguna, yang pada akhirnya akan meningkatkan hasil panen serta kesejahteraan ikan.

2.2.2. Desain Prototype

Tahap awal proyek alat *monitoring* dan *controlling* kualitas air pada budidaya ikan nila berbasis IoT dimulai dengan membuat alat sederhana untuk mendeteksi kualitas air menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor pH, suhu, kekeruhan, dan sensor ultrasonik secara *real-time* dengan menggunakan Telegram untuk *monitoring*.

2.2.3. Pembuatan Prototype

Proses pembuatan alat *monitoring* dan *controlling* kualitas air pada peternakan ikan nila berbasis IoT dimulai dengan perencanaan dan desain yang meliputi pemilihan komponen seperti mikrokontroler ESP32, sensor pH, suhu, kekeruhan, dan sensor ultrasonik. Setelah komponen terhubung, mikrokontroler diprogram untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke aplikasi Telegram melalui Wi-Fi, sehingga kualitas air dapat dipantau secara *real-time*.

2.2.4. Pengujian Prototype

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat ini. Peneliti terlebih dahulu melakukan pengujian alat yang dibuat untuk mengetahui apakah alat *monitoring* dan *controlling* pada peternak ikan nila berhasil atau tidak.

2.2.5. Evaluasi Prototype

Berdasarkan hasil pengujian dari peternak, alat diperbaiki supaya dapat menyesuaikan kebutuhan sistem yang dibutuhkan. Setelah melakukan perbaikan sistem, dilakukan pengujian terakhir di mana sistem akan digunakan kembali untuk memastikan alat dapat bekerja secara optimal. Pengembang akan mencatat data mengenai kinerja alat yang akan dicoba kembali.

2.2.6. Perbaikan Prototype

Pada tahap perbaikan, peneliti melanjutkan dengan menganalisis hasil evaluasi dari alat *monitoring* dan *controlling* yang telah dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk memperbaiki alat yang tidak sesuai dengan rancangan awal. Setelah adanya perbaikan alat, alat akan kembali diuji.

2.3. Teori Pendukung

2.3.1. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan perangkat seperti sensor atau perangkat lunak dengan internet, sehingga memungkinkan mereka berkomunikasi dan bertukar data melalui internet sebagai media komunikasi. Dengan IoT, perangkat-perangkat ini dapat terhubung secara otomatis untuk menjalankan perintah tertentu. Umumnya, perangkat dalam IoT berbentuk sensor yang berfungsi mengumpulkan data, seperti sensor atau mikrokontroler. IoT secara keseluruhan menerapkan sistem M2M (*Machine-to-Machine*), yang memungkinkan komunikasi antarmesin tanpa intervensi manusia, meskipun berbeda dalam hal ruang lingkup dan skala (Fath & Ardiansyah, 2020).

2.3.2. Ikan Nila

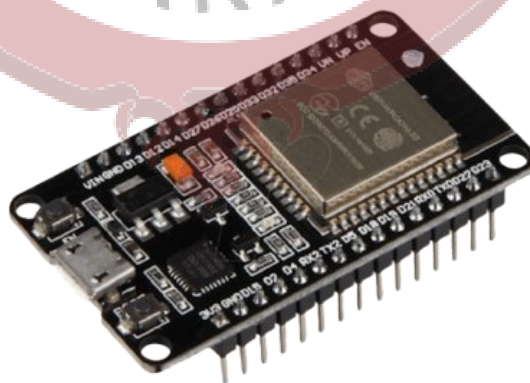
Spesies ikan ternama, nila (*Oreochromis niloticus*), sangat diminati karena dagingnya yang tebal dan lezat, yang turut memenuhi kebutuhan masyarakat akan protein hewani. Berkat kemampuannya beradaptasi dengan beragam kondisi lingkungan seperti variasi kadar garam serta tingkat keasaman dan kekeruhan air kolam ikan ini memiliki potensi besar dalam bidang akuakultur (Nur dkk., 2024). Nilai pH air yang ideal untuk ikan nila berkisar antara 5–9 dan suhu optimal untuk pertumbuhannya adalah antara 25–30°C (Putra & Aisuwarya, 2022). Kekeruhan air yang baik untuk kehidupan ikan nila adalah 0–50 NTU (Efendi dkk., 2020). Selain itu, tinggi air dalam kolam harus dipertahankan sekitar 80 hingga 100 cm agar ikan memiliki ruang untuk bergerak dan lingkungan budidaya tetap terjaga. Ikan nila dapat dipelihara dengan baik di daerah dataran rendah hingga agak tinggi (hingga 500 mdpl) (Putra & Aisuwarya, 2022). Visualisasi fisik ikan nila ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Azhari dkk., n.d.)

2.3.3. ESP32

Espressif Systems merilis mikrokontroler ESP32 sebagai pengganti ESP8266. Chip mikrokontroler ini ideal untuk pengembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan *Bluetooth* terintegrasi. Dengan dukungan untuk I/O analog dan digital, PWM, SPI, I2C, dan banyak lagi, ESP32 memiliki rangkaian fitur yang lengkap (Santoso & Sitohang, 2024). Tampilan mikrokontroler ESP32 ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mikrokontroller ESP32 (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.4. Sensor pH

Ph-4502C adalah sensor yang mengukur tingkat keasaman atau kebasaan. Karena modul ini mengukur kadar pH dan menghasilkan keluaran berupa tegangan analog, nilai sebenarnya harus diperoleh dengan mengolah data pembacaan mentah menggunakan rumus tertentu dalam kode program komputer. Modul ini menghasilkan keluaran tegangan analog dengan menggunakan sumber daya masukan sebesar 3,3–5,5 VDC (Putra & Aisuwarya, 2022). Tampilan sensor pH-4502C ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sensor pH-4502C (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.5. Sensor Suhu

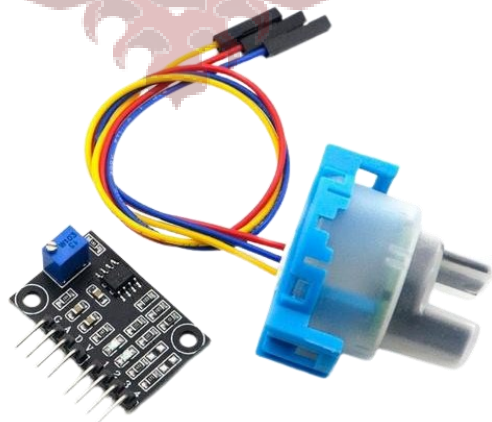
Saat menggunakan tegangan referensi 5 V, sensor suhu digital DS18B20 memiliki ADC 12-bit *internal*. Dengan akurasi $\pm 0,5$ °C pada rentang suhu -10°C hingga +85 °C, sensor ini memberikan presisi yang tinggi. DS18B20 menggunakan komunikasi 1-Wire yang memungkinkan penggunaan banyak sensor pada satu jalur data (bus data kabel tunggal/protokol 1-Wire). Setiap sensor dilengkapi dengan kode unik 64-bit yang tertanam di dalam chipnya. Resistor pull-up dapat ditambahkan untuk menghubungkannya dengan mikrokontroler (Ibrahim dkk., 2023). Tampilan sensor suhu DS18B20 ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sensor Suhu DS1820 (Jeprianto & Rohmah, 2021)

2.3.6. Sensor Turbidity

Perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam suatu fluida disebut sensor kekeruhan. Partikel-partikel ini dapat berupa tanah liat, lanau, mikroba, atau bahan organik lainnya. *Nephelometric Turbidity Units* (NTU) digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan serta menunjukkan seberapa banyak cahaya yang dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut di dalam fluida (Setyadjit dkk., 2024). Kekeruhan yang dianjurkan yaitu maksimal 50 NTU, sehingga pertumbuhan ikan berkembang dengan baik. Dampak dari kekeruhan air yang tidak dijaga dan tidak diperhatikan yaitu pertumbuhan dan kesehatan ikan terganggu (Ridho'i dkk., 2022). Tampilan sensor turbidity SEN-0189 ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sensor Turbidity SEN-0189 (Giawa dkk., 2022)

2.3.7. Sensor Ultrasonik

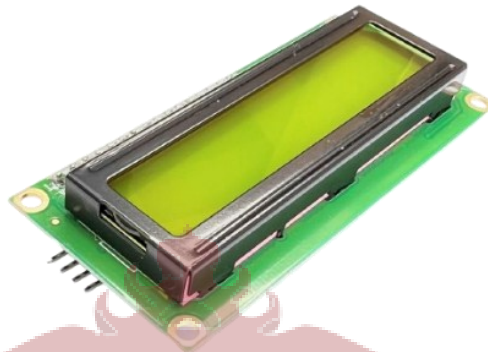
Perangkat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang ultrasonik dikenal sebagai sensor ultrasonik. Salah satu sensor ultrasonik yang umum digunakan untuk menentukan jarak ke suatu objek adalah HC-SR04 (Maryam, 2023). Peneliti menggunakan sensor ultrasonik HCSR04 untuk mendeteksi batas air kolam (Maryam, 2023). Tampilan sensor ultrasonik HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.8. LCD 16x2

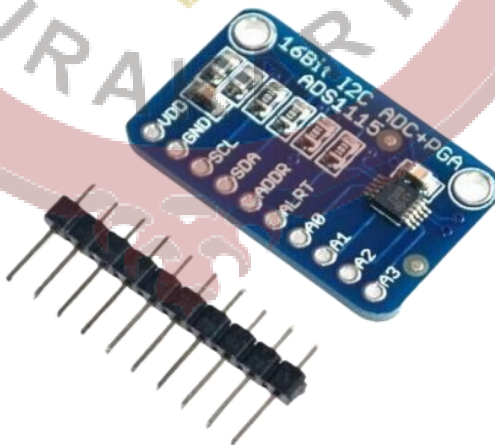
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan layar yang digunakan untuk menampilkan nilai hasil sensor, teks, dan menu pada aplikasi mikrokontroler, di mana tampilannya bergantung pada perintah yang ditulis pada mikrokontroler (Setiawan dkk., 2024). LCD 16×2 adalah salah satu penampil yang sangat populer untuk digunakan sebagai antarmuka antara mikrokontroler dan perangkatnya. Dengan panel LCD 16×2 ini, peternak dapat melihat atau memantau kondisi sensor maupun jalannya program. LCD 16×2 ini dapat dihubungkan dengan mikrokontroler apa saja. Inter-Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran, yang dirancang khusus untuk mengirim maupun menerima data (Setiawan dkk., 2024). Visualisasi LCD 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Layar LCD 16x2 (Setiawan dkk., 2024)

2.3.9. Modul ADS1115

ADS1115 adalah sebuah modul atau IC *Analog-to-Digital Converter* (ADC) eksternal beresolusi 16-bit presisi tinggi yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (seperti tegangan atau data dari sensor) menjadi data digital agar bisa dipahami oleh mikrokontroler (Isaac, 2026). Modul ADS1115 ditunjukkan pada Gambar 2.9.

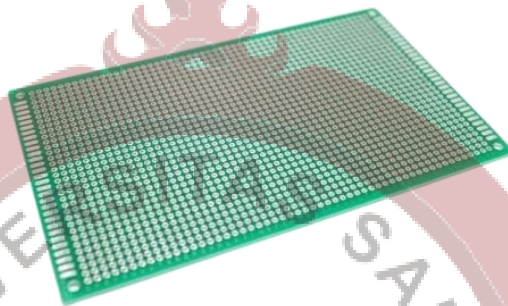


Gambar 2. 9 Module ADS1115 (Isaac, 2026)

2.3.10. PCB Double Layer

PCB Double Layer adalah papan sirkuit cetak yang memiliki dua lapisan tembaga konduktif, masing-masing ditempatkan di sisi atas (*top layer*) dan sisi bawah (*bottom layer*) dari substrat isolatornya. Papan sirkuit ini dikembangkan

untuk mengatasi keterbatasan PCB 1 layer, sehingga memungkinkan perancang elektronik untuk membuat jalur rangkaian yang lebih kompleks, padat, dan efisien tanpa perlu menyolder kabel titik-ke-titik (Raftech pcb, 2026). Papan PCB double layer diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 PCB Double Layer (Raftech PCB, 2026)

2.3.11. Kabel Jumper

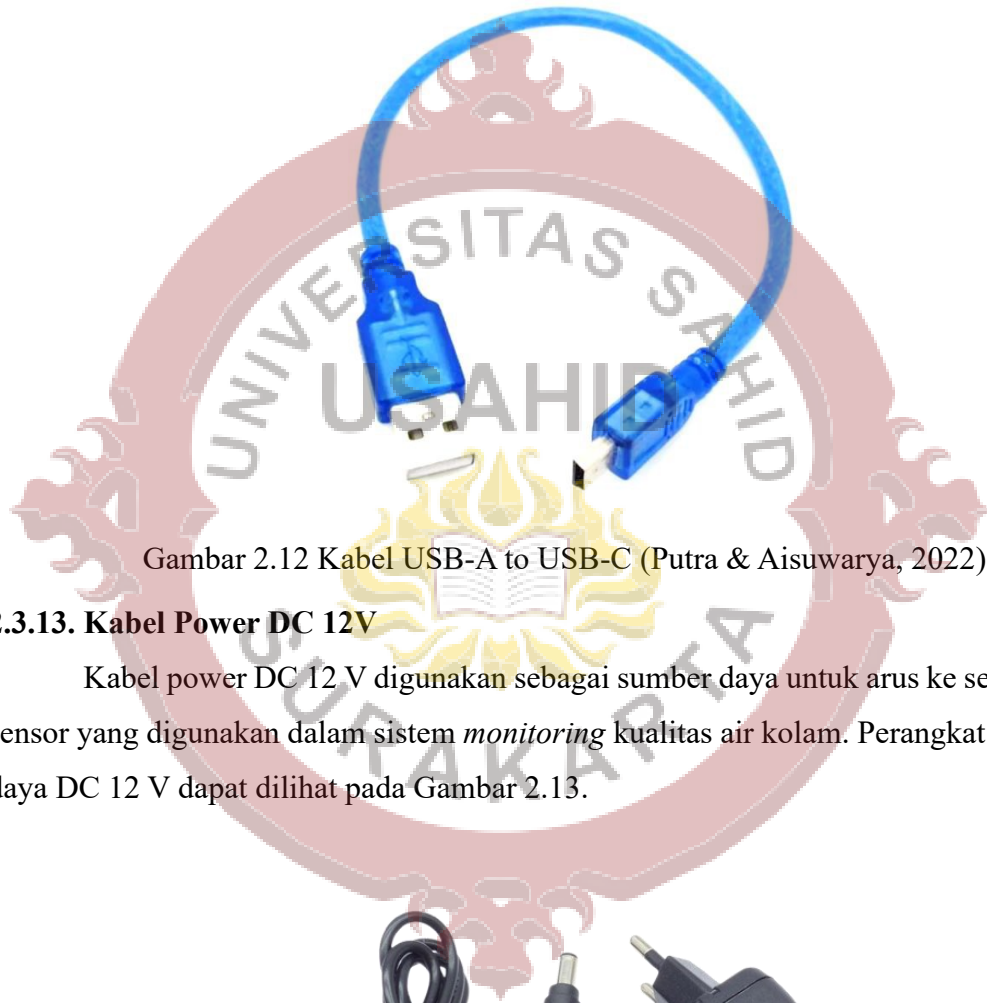
Kabel jumper adalah jenis kabel dengan pin konektor pada masing-masing ujung yang digunakan untuk menghubungkan dua titik pada rangkaian listrik atau elektronik. Jumper kabel ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kabel Jumper (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.12. Kabel USB

Kabel USB digunakan untuk mengimport sourcode kedalam mikrokontroller ESP32 dan berfungsi sebagai pengantar arus ke listrik 5V ke mikrokontroller ESP32. Tampilan kabel USB-A to USB-C ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Kabel USB-A to USB-C (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.13. Kabel Power DC 12V

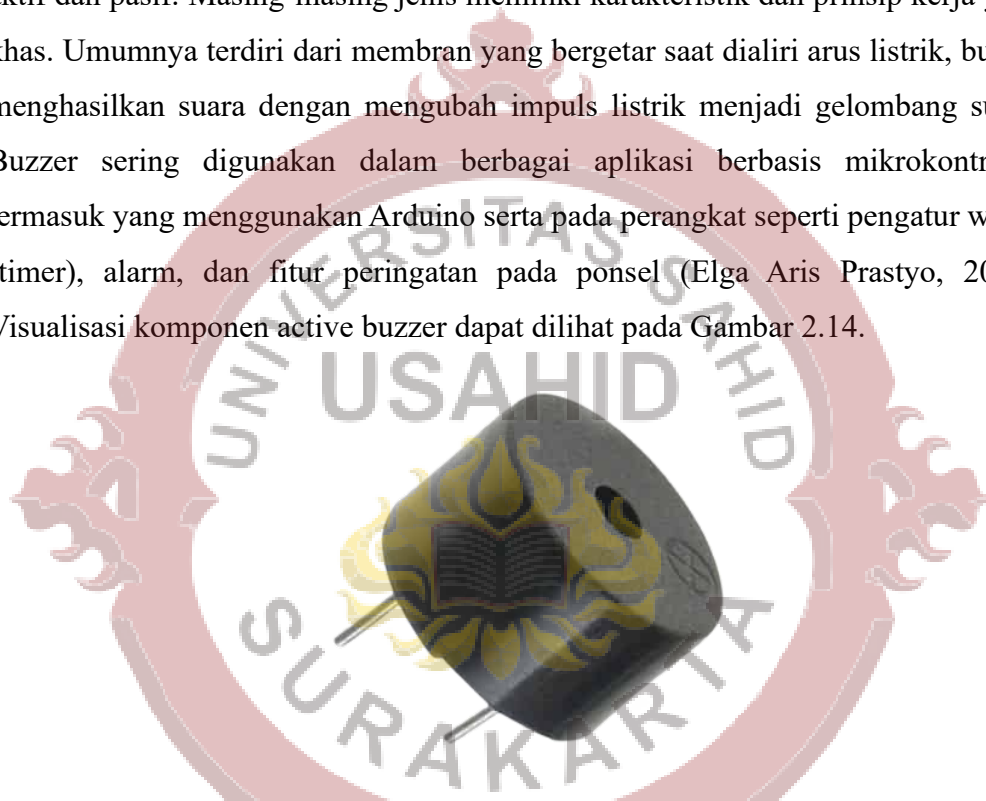
Kabel power DC 12 V digunakan sebagai sumber daya untuk arus ke semua sensor yang digunakan dalam sistem *monitoring* kualitas air kolam. Perangkat catu daya DC 12 V dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Power Supply DC 12V (Putra & Aisuwarya, 2022)

2.3.14. Buzzer Active

Buzzer adalah komponen elektronik umum yang digunakan untuk menghasilkan nada atau suara dalam berbagai aplikasi Arduino. Komponen ini berperan penting dalam fungsi notifikasi, sistem peringatan, dan bahkan pembuatan musik sederhana. Dalam dunia elektronika, terdapat dua kategori utama buzzer: aktif dan pasif. Masing-masing jenis memiliki karakteristik dan prinsip kerja yang khas. Umumnya terdiri dari membran yang bergetar saat dialiri arus listrik, buzzer menghasilkan suara dengan mengubah impuls listrik menjadi gelombang suara. Buzzer sering digunakan dalam berbagai aplikasi berbasis mikrokontroler, termasuk yang menggunakan Arduino serta pada perangkat seperti pengatur waktu (timer), alarm, dan fitur peringatan pada ponsel (Elga Aris Prastyo, 2025). Visualisasi komponen active buzzer dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Buzzer Active (Elga Aris Prastyo, 2025)

2.3.15. Pompa Air Mini DC 12V

Pompa air mini adalah pompa air dengan motor DC 24 V, 12 V atau pompa air ac 120 V, 230 V, 240 V, 380 V yang berperan untuk memindahkan, mengangkat atau memberi tekanan pada air, bahan bakar, pendingin dalam berbagai sistem sirkulasi air, booster. Termasuk pompa air submersible kecil, pompa air tenaga surya kecil. (Jeprianto & Rohmah, 2021). Tampilan pompa air mini dc 12 V ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Pompa Air Mini DC 12V

2.3.16. Parameter Aturan Sensor

Parameter aturan sensor adalah nilai ambang batas yang ditetapkan untuk beberapa parameter kualitas air yang diukur oleh sensor dalam konteks sistem *monitoring* kualitas air, khususnya untuk budidaya ikan nila. Faktor-faktor ini penting untuk menjaga lingkungan kolam agar ideal bagi pertumbuhan dan kesejahteraan ikan. Parameter dan acuan aturan sensor disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Aturan Sensor (Kukuh Setyadjit & Ahmad Ridho'i, 2021)

Parameter	Rentang Ideal	Keterangan
pH	6,5 – 8,5	pH netral ideal untuk pertumbuhan ikan nila.
Suhu	25 - 32°C	Suhu optimal untuk pertumbuhan ikan nila.
Kekeruhan	20 - 50 NTU	Kekeruhan yang baik untuk kesehatan ikan.
Tinggi Air	Minimal 1 meter	Tinggi air yang cukup untuk ikan berenang.

2.3.17. Relay

Relay adalah sebuah komponen elektronika yang berbentuk sakelar yang dioperasikan dengan listrik, dilengkapi dua bagian, di antaranya elektromagnetik (*Coil*) dan mekanik (*Switch*). Komponen tersebut memanfaatkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan sakelar sehingga arus listrik dapat mengalir. Relay berfungsi untuk mengontrol sirkuit listrik dengan arus kecil agar sirkuit dengan arus yang lebih besar dapat diaktifkan. Pada dasarnya, relai berfungsi

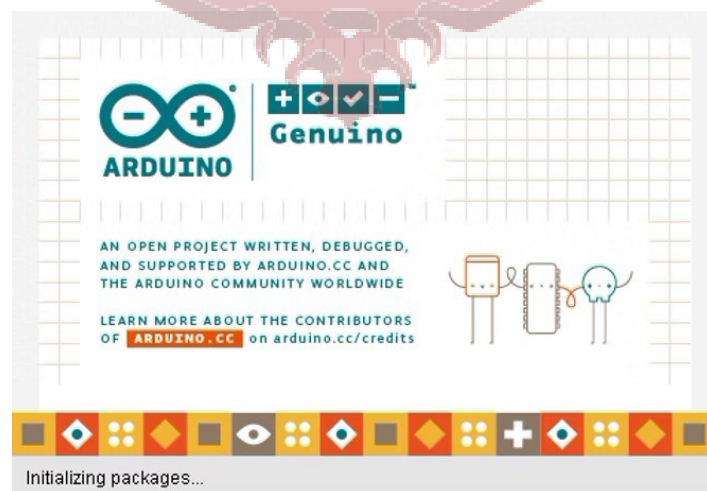
sebagai jembatan antara rangkaian kontrol tegangan rendah dengan rangkaian beban tegangan tinggi (Prasetya dkk., 2022). Visualisasi komponen relay dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Relay

2.3.18. Arduino IDE

Arduino IDE adalah platform untuk memrogram papan tertentu, atau perangkat lunak untuk menulis skrip pemrograman. Platform ini memungkinkan pengguna untuk membuat, memodifikasi, dan mengunggah program ke papan tertentu. Arduino IDE menyederhanakan proses input/output dengan menggunakan pustaka C/C++ (*Wiring*) dan bahasa pemrograman Java (Erintafifah, 2021). Tampilan software Arduino IDE diperlihatkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Perangkat Lunak Arduino IDE (Erintafifah, 2021)

2.3.19. Telegram

Telegram adalah layanan pesan yang mengutamakan keamanan dan kecepatan. Telegram memungkinkan Anda menggunakan semua perangkat kerja Anda secara bersamaan, dengan sinkronisasi pesan yang mulus antara komputer Windows, Mac, dan Linux, serta tablet dan ponsel (Maryam, 2023). Telegram digunakan karena dapat mempermudah pemilik kolam memantau dari aplikasi Telegram tanpa harus mengecek kolam terlebih dahulu. Dengan sistem seperti ini, pemilik kolam dapat memantau kualitas air kolam ikan nila (Dewantara & Sulistiyowati, 2022). Tampilan sistem aplikasi Telegram diperlihatkan pada Gambar 2.18.

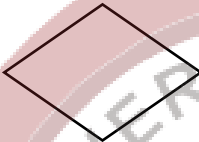
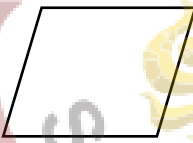


Gambar 2.18 Aplikasi Telegram (Dewantara & Sulistiyowati, 2022)

2.3.20. Diagram Alir

Diagram alir adalah grafik fleksibel yang dapat digunakan untuk mengilustrasikan prosedur berurutan apa pun, mulai dari algoritma dasar hingga prosedur bisnis. Diagram alir berguna bagi manajer proyek, mahasiswa, dan profesional bisnis karena menyederhanakan proses menjadi langkah-langkah yang mudah dikelola (Athuriya, 2025). Diagram alir dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Simbol Diagram Alir

No	Bentuk	Keterangan
1.		Mulai (Awal) / Akhir [Start/End]
2.		Proses/Kegiatan [Conditional/Decision]
3.		Kondisional/Keputusan [Conditional/Decision]
4.		Arah Aliran [Flow Direction]
5.		Masukan/Keluaran [Input/Output]

2.4. Pengujian Sistem

Peneliti terlebih dahulu melakukan pengujian alat yang dibuat untuk mengetahui apakah alat *monitoring* dan *controlling* pada peternak ikan nila berhasil atau tidak. Pengujian sistem dilaksanakan untuk memastikan bahwa perangkat *monitoring* dan *controlling* kualitas air beroperasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pengujian ini mencakup berbagai elemen krusial, termasuk pengujian sensor, evaluasi sistem *monitoring*, pengujian aktuator, serta pengujian integrasi seluruh sistem. Adapun tahapan pengujian antara lain:

2.4.1. Pengujian Sensor

Pengujian ini berfokus pada penilaian keakuratan serta kepekaan sensor-sensor yang diterapkan, termasuk sensor pH, sensor suhu, sensor kekeruhan, dan sensor ultrasonik. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil

pembacaan sensor tersebut dengan alat ukur yang sudah terstandar (seperti termometer digital, pH meter, turbidimeter, dan penggaris). Pengujian LCD 16x2 dilakukan untuk memastikan data sudah ditampilkan sesuai dengan perintah yang dimasukkan.

2.4.2. Pengujian Akurasi

Akurasi perangkat keras diuji menggunakan sejumlah blok rangkaian yang telah dikembangkan. Sebuah program dijalankan pada setiap komponen untuk melaksanakan pengujian tersebut. Teknik yang digunakan adalah MAPE, yaitu suatu perhitungan statistik untuk menilai seberapa baik model statistik dalam melakukan antisipasi atau prediksi (Ramsari & Hidayat, 2023). MAPE memberikan informasi mengenai besarnya kesalahan data yang dihasilkan oleh perangkat yang dikembangkan dibandingkan dengan nilai aktual yang diperoleh dari alat ukur standar. Penggunaan MAPE memungkinkan dilakukannya penilaian terhadap kelayakan perangkat tersebut. Nilai MAPE sebesar 10% menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual adalah 10%. Semakin rendah persentase kesalahan yang dihitung menggunakan MAPE, semakin akurat hasil pengujiannya; dengan demikian, model dengan MAPE 5% memiliki kinerja peramalan yang lebih baik dibandingkan model dengan MAPE 10% (Ramsari & Hidayat, 2023).

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \right) \sum \left(\frac{|actual - forecast|}{actual} \right) \times 100$$

Sumber: Ramsari & Hidayat, 2023

Keterangan:

- *actual* = Data alat ukur pembanding (nilai data actual)
- *forecast* = Data alat ukur alat yang dibuat (nilai data peramalan)
- *n* = Jumlah data