



# Sistem Kontrol Air dan Pencahayaan pada Akuarium Berbasis Internet of Things (IoT)

**Dody Hidayat\*, Ramli**

Fakultas Teknik & Komputer, Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

Email: hidayatdody91@gmail.com, Ramli.brt@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: hidayatdody91@gmail.com

Submitted: 12/08/2024; Accepted: 16/09/2024; Published: 16/09/2024

**Abstrak**—Ikan hias adalah hewan peliharaan populer yang sering dipelihara dalam kolam atau akuarium. Akuarium menjadi pilihan yang efektif bagi pecinta ikan hias karena memudahkan pemantauan perkembangan ikan dan pengaturan penempatan. Aspek penting dalam memelihara ikan hias meliputi pemberian pakan, kejernihan air, dan sistem pencahayaan. Cahaya yang terus menerus menyala dapat menyebabkan pertumbuhan lumut di akuarium, yang mengurangi kejernihan air dan memengaruhi kualitasnya. Kesibukan pemilik sering kali membuat mereka lupa mengontrol kondisi air dan pencahayaan. Air yang tidak diganti secara berkala dapat menyebabkan ketidakstabilan pH, yang berdampak buruk pada kesehatan ikan. Sisa pakan yang mengendap di dasar akuarium dan tidak tersaring oleh filter juga menurunkan kejernihan air. Oleh karena itu, penting untuk mengontrol kejernihan air dan pencahayaan secara berkala agar ikan dapat tumbuh dengan baik. Solusi untuk pemilik yang tidak memiliki waktu untuk penggantian air dan pengontrolan pencahayaan adalah dengan menggunakan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan pengendalian dan pemantauan jarak jauh melalui internet. Penelitian ini mengembangkan sistem IoT untuk mengontrol air dan pencahayaan akuarium menggunakan modul NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke *Blynk Cloud*. Sistem ini dilengkapi dengan sensor *ultrasonic* untuk mengukur ketinggian air, katup *solenoid* untuk mengatur aliran air, LED sebagai pencahayaan, dan *buzzer* sebagai peringatan, yang semuanya dapat dikontrol melalui *smartphone*.

**Kata Kunci:** Akuarium; *Internet of Things*; *Blynk Cloud*; Sensor *Ultrasonic*; *Solenoid Water Valve*

**Abstract**—Decorative fish are popular pets that are often kept in pools or aquariums. Aquariums are an effective choice for decorative fish lovers because they make it easy to monitor fish development and settlement arrangements. Important aspects in keeping ornamental fish include feeding, water clarity, and lighting systems. Continuously lit light can cause the growth of molluscs in the aquarium, which reduces the clarity of the water and affects its quality. The occupation of the owners often makes them forget to control the water condition and lighting. Water that is not regularly replaced can cause pH instability, which has a negative impact on fish health. Remaining feed that sits at the bottom of the aquarium and is not filtered by the filter also reduces the clarity of the water. Therefore, it is important to control the water clarity and lighting periodically so that the fish can grow well. The solution for owners who don't have time for water replacement and lighting control is to use an Internet of Things (IoT) based system. IoT allows remote control and monitoring over the Internet. The research developed an IoT system to control water and aquarium lighting using the NodeMCU ESP8266 module connected to the Blynk Cloud. The system is equipped with an ultrasonic sensor to measure water height, a solenoid valve to regulate water flow, LEDs as lighting, and a buzzer as warning, all of which can be controlled via a smartphone.

**Kata Kunci:** Aquarium; *Internet of Things*; *Blynk Cloud*; Ultrasonic Sensor; *Solenoid Water Valve*

## 1. PENDAHULUAN

Ikan hias merupakan hewan yang banyak dipelihara orang dalam kolam maupun akuarium [1]. Bagi pecinta ikan hias untuk memudahkan dalam pemeliharaannya dibutuhkan wadah yang efektif dan efisien yang dapat mengontrol perkembangan ikan hias tersebut. Salah satu wadah yang sering digunakan adalah akuarium. Selain sebagai hobi, pemeliharaan ikan hias juga dapat dijadikan sebagai mata pencaharian/bisnis. Agar ikan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik maka butuh pemeliharaan yang baik pula untuk merawatnya [2]. Selain pemberian pakan salah satu faktor utama dalam memelihara ikan hias adalah faktor kejernihan air dan kondisi pencahayaan. Pada kondisi tertentu sistem pencahayaan pada akuarium sangatlah penting. Cahaya/lampu pada penerangan akuarium yang dinyalakan secara terus menerus dapat menimbulkan efek lumut pada akuarium yang dapat mempengaruhi tingkat kejernihan air.

Beberapa hal penting dalam budidaya ikan hias adalah pemberian pakan, sirkulasi udara, sistem pencahayaan dan terutama kualitas air. Air yang digunakan dalam proses pembenihan atau pemeliharaan ikan tidak sekedar air (H<sub>2</sub>O), tetapi juga air yang memiliki zat-zat lainnya. Kandungan zat-zat tersebut seperti oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*), tingkat keasaman (pH), kadar garam (salinitas), kejernihan air, kandungan amonia, kandungan zat besi, kandungan bahan organik dan kandungan zat-zat lainnya [3]. Semua kandungan zat-zat tersebut akan menentukan kecocokan lingkungan air yang digunakan terhadap proses pembenihan/pemeliharaan ikan.

Bagi pemilik ikan terkadang dengan kesibukan sehari-hari dan dengan kegiatan yang cukup padat bahkan bisa saja aktivitas tersebut dapat menyita waktu hingga berhari-hari, keadaan tersebut bagi pemilik ikan terkadang luput dalam pergantian air dan mengontrol kondisi pencahayaan. Apalagi jika dalam akuarium banyak terdapat ikan yang dipelihara maka akan semakin besar potensi tingkat kejernihan air menurun. Terkadang sisa pakan yang diberikan juga tidak tersaring oleh filter akuarium hal ini juga menyebabkan kualitas air dan pH air tidak stabil, maka potensi ikan terkena penyakit juga akan semakin tinggi. Maka dari itu perlu mengontrol kondisi kejernihan air dan sistem pencahayaan pada akuarium secara berkala agar ikan yang dipelihara dapat berkembang dengan baik.

Upaya untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi bagi pecinta ikan hias dalam mengatasi masalah tentang pengontrolan pertukaran air dan sistem pencahayaan pada akuarium yang dilakukan secara berkala adalah dengan membuat suatu sistem pengontrol berbasis IoT. IoT menjadi bidang penelitian yang berkembang di era globalisasi revolusi 4.0 [4]. pemanfaatan teknologi IoT merupakan konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus [5]. IoT akan menjadi utilitas yang terus meningkat pada saat sekarang ini. Kemunculan IoT merupakan paradigma inovatif dan berkembang pesat yang mampu mengolah data secara *real-time* dari sensor atau perangkat elektronik [6]. Dengan pemanfaatan teknologi IoT diharapkan dapat memberikan kontribusi dan menjawab tantangan bagi pecinta ikan hias dan pengusaha budidaya ikan hias yang memiliki waktu terbatas untuk mengganti air secara berkala dan mengontrol sistem pencahayaan. Teknologi IoT telah digunakan dalam pengembangan berbagai sistem salah satunya pemantauan dan kontrol akuarium. Sistem menggunakan sensor dan jaringan nirkabel yang mana data diperoleh dari sensor akan dikirimkan ke *platform* berbasis *cloud* yang dapat divisualisasikan dan dianalisis secara *real-time* [7].

Beberapa penelitian terkait tentang budidaya ikan hias pada akuarium diantaranya; pertama penelitian berjudul “*Smart Aquarium Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor Berbasis Internet of Things*”[8], penelitian tersebut bertujuan membuat alat otomatisasi pada aquarium yang memungkinkan untuk mendeteksi kekeruhan air, sistem akan menguras bak dan memasukkan air bersih secara otomatis, dan pemberi makan otomatis dengan menggunakan sensor *light dependent resistor*, kedua penelitian berjudul “*Pengembangan Teknologi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT dengan Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Android MQTT*”[9], penelitian tersebut bertujuan hanya untuk memberi pakan ikan yang dikendalikan dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan android MQTT. Penelitian yang ketiga berjudul “*Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Lampu Aquascape menggunakan Fuzzy Logic Controller berbasis Arduino*”[10], pada penelitian ini bertujuan untuk mengontrol intensitas cahaya lampu secara otomatis. Sementara itu penelitian yang keempat dengan judul “*FishTalk: An IoT-Based Mini Aquarium System*” membahas tentang dampak suhu dan faktor lingkungan lainnya terhadap kualitas air serta cara pengendaliannya dengan pemodelan berbasis analitik dan simulasi [11].

Dari beberapa penelitian terkait maka penelitian ini akan membuat model pengontrolan air dan sistem pencahayaan pada akuarium berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan modul NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang dilengkapi *chip wifi* dan terhubung melalui *Blynk Cloud*. Sistem juga dilengkapi dengan sensor *ultrasonic* sebagai alat pengukur jarak tinggi/rendahnya air, *solenoid water valve* yang digunakan sebagai katup pembuka/penutup laju air, alat ini berfungsi sebagai pengontrol dalam pengisian dan pembuangan air serta dilengkapi LED sebagai sistem pencahayaan, sistem juga didesain memiliki *buzzer* yang digunakan sebagai tanda peringatan kondisi jarak tinggi/rendahnya air pada akuarium yang ke semuanya dapat dikontrol dari jarak jauh melalui *smartphone*. Teknologi IoT memiliki peran penting dalam transformasi Industri 4.0. Dengan teknologi IoT dapat memberikan kemudahan dalam akses pengendalian jarak jauh serta dapat mengoptimalkan penggunaan waktu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini metode yang dipergunakan adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan studi pustaka, pengumpulan data, analisa sistem, perancangan alat, dan implementasi. Adapun uraian langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### a. Studi Pustaka

##### 1. *Internet of Things* (IoT)

*Internet of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah konsep yang memiliki tujuan memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus [12]. Teknologi IoT dapat diaplikasikan untuk menciptakan konsep baru dan pengembangan terkait *smart home* untuk memberikan kenyamanan [13]. IoT semakin berkembang seiring dengan perkembangan mikrokontroler, module yang berbasiskan *Ethernet* maupun *wifi* semakin banyak dan beragam dimulai dari *Wiznet*, *Ethernet shield* hingga yang terbaru adalah *Wifi* module yang dikenal dengan ESP8266.

##### 2. Akuarium

Akuarium adalah vivarium yang terdiri dari setidaknya satu sisi transparan dimana tanaman air tinggal atau binatang disimpan [1]. Sebuah akuarium biasanya terbuat dari kaca atau kekuatan tinggi plastik akrilik. Akuarium berbentuk kubus juga dikenal sebagai tangki ikan atau hanya *tank*, sementara berbentuk mangkuk akuarium juga dikenal sebagai mangkuk ikan [14]. Akuarium salah satu bentuk media yang dapat digunakan untuk pemeliharaan ikan, terutama ikan hias untuk skala rumahan [15]. Akuarium sendiri merupakan identitas kehidupan yang mewakili habitat asli ikan.

##### 3. NodeMCU

NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP8266 dengan *firmware* berbasis e-Lua, pada NodeMCU dilengkapi dengan micro USB *port* yang berfungsi untuk pemrograman maupun sebagai power supply untuk menyalakan Node MCU [16]. Selain itu pada NodeMCU dilengkapi dengan dua buah tombol *push button* yaitu tombol reset dan *flash*. NodeMCU juga support dengan *software* Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada *board manager* pada Arduino IDE. Pengembangan kit ini di dasarkan



modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM, I2C dan ADC (*Analog to Digital Converter*) semua dalam satu *board*.

#### 4. IoT Server & Cloud Blynk

*Blynk* adalah IoT *Cloud platform* untuk aplikasi iOS dan Android yang berguna untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, dan *board-board* sejenisnya melalui Internet [17]. *Blynk* adalah *dashboard* digital di mana Anda dapat membangun sebuah antarmuka grafis untuk alat yang telah dibuat hanya dengan menarik dan menjatuhkan sebuah *widget*.

#### 5. Sensor Ultrasonic

Sensor jarak *ultrasonic* ping adalah sensor 40 khz produksi *parallax* yang banyak digunakan untuk aplikasi atau kontes robot cerdas [18]. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5 v dan ground. Sensor ping HC SR04 yang digunakan dalam penelitian ini mendeteksi jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang *ultrasonic* (40 kHz) selama tBURST (200  $\mu$ s) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor Ping memancarkan gelombang *ultrasonic* sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa trigger dengan tOUT min. 2  $\mu$ s).

#### 6. Solenoid Water Valve

*Solenoid Water Valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/solenoida. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem *fluida*. *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik (*cylinder*) [19]. Atau pada sebuah tandon air yang membutuhkan *solenoid valve* sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong.

#### 7. Relay

*Relay* adalah Saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *electromagnet (coil)* dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. *Relay* dapat memutus dan menghubungkan *supply* ke peralatan listrik lain. Rangkaian *driver* ini didesain sesuai program mikrokontroler dimana terdapat sinyal kontrol dari mikrokontroler [20].

#### 8. LED

*Light-Emitting Diode (LED)* adalah suatu divais semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju [21]. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N (PN junction). LED untuk fisiknya ada 2 yaitu LED *type* radial dan LED *type* SMD (*surface mounted diode*).

#### 9. Buzzer

*Buzzer* merupakan sebuah modul komponen elektronika kategori transduser, yang bekerja dengan cara mengubah sinyal elektrik menjadi sebuah gelombang suara [22]. *Buzzer* biasa difungsikan sebagai alarm sinyal. Biasa di implementasikan pada *project* penelitian sebagai sebuah indikator terhadap suatu kondisi.

#### 10. Power Supply

*Power supply* atau catu daya merupakan suatu rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengubah arus AC (bolak-balik) menjadi DC (arus listrik searah) [23]. Jenis- jenis *power supply* yaitu, DC *power supply*, AC *power supply* dan *switch mode power supply*. DC *power supply* adalah catu daya yang menyediakan tegangan dalam bentuk DC dan memiliki polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif. Sedangkan AC *power supply* berguna untuk mengubah tegangan AC dari satu nilai tegangan ke nilai tegangan yang lain dan *switch mode power supply* berguna untuk menyearahkan dan menyaring tegangan input AC untuk mendapatkan tegangan DC yang dapat diatur [24]

#### b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui dan mendukung dalam pembuatan sistem termasuk didalamnya data tentang jenis-jenis ikan, kualitas air, data sensor *ultrasonic*, *Blynk Cloud*, NodeMCU ESP8266, *solenoid water valve*, LED dan *Buzzer*.

#### c. Analisa Sistem

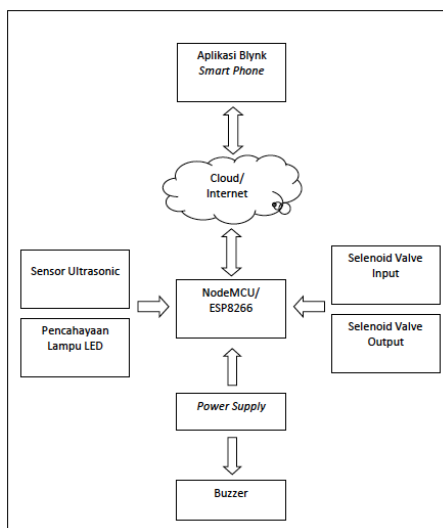
Analisa sistem dilakukan terhadap seluruh kebutuhan sistem mulai dari sistem yang sedang digunakan, kebutuhan sistem, perancangan sistem hingga implementasi sistem jika telah selesai dibangun.

#### d. Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan meliputi piranti IoT termasuk NodeMCU ESP8266, *Blynk Cloud*, *solenoid water valve*, LED dan *Buzzer*.

#### e. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan perancangan sistem yang dibuat oleh peneliti. Dalam perancangan sistem ini hal-hal yang dilakukan antara lain mempelajari dan memahami berbagai referensi dari buku, internet jurnal, kondisi nyata di lapangan tentang semua yang berhubungan dengan rumusan masalah yang telah ditentukan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini sensor *ultrasonic* sangatlah berpengaruh dalam hal pengambilan data jarak ketinggian/rendahnya level air. Perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 1.



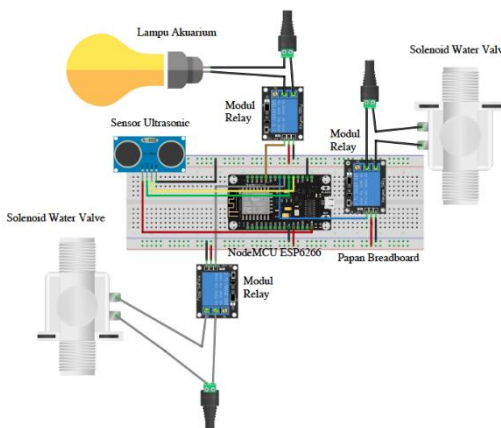
**Gambar 1.** Perancangan Sistem

Adapun cara kerja sistem yang dilihat pada gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Power Supply* akan memberikan energi kepada seluruh perangkat yakni sensor *ultrasonic*, NodeMCU ESP8266, *solenoid water valve*, LED dan *Buzzer* sehingga seluruh peralatan dapat bekerja dan berfungsi dengan baik.
  2. NodeMCU ESP8266 akan membaca sinyal dari sensor *ultrasonic* berupa data tinggi/rendahnya air dan kemudian mengirimkan data tersebut kepada server *Blynk Cloud* dengan format TCP/IP untuk kemudian ditampilkan pada *smartphone*.
  3. NodeMCU ESP8266 juga akan membaca perintah yang telah dikirimkan oleh server *Blynk Cloud* dengan format TCP/IP yang akan kemudian diubah dengan memberikan logika “*high*” atau “*low*” pada pin tertentu untuk mengatur *on/off Buzzer*.
  4. NodeMCU ESP8266 mengirimkan data kepada server *Blynk Cloud* dengan format TCP/IP yang akan kemudian diubah dengan memberikan logika “*high*” atau “*low*” pada pin tertentu untuk mengatur buka/tutup katup *solenoid water valve* yang digunakan sebagai kran pengisian dan pembuangan air.
  5. *Cloud* (internet) dengan memanfaatkan *wifi* menjadi pusat koneksi antara sistem dan aplikasi *Blynk Cloud*. Dengan ini sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan.
- f. Implementasi Alat  
 Pada tahap ini yang dilakukan adalah menentukan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk dapat menjalankan alat, melakukan instalasi, uji coba, integrasi sistem dan pemeliharaan alat.

**2.2 Desain Sistem**

Adapun desain sistem pada penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Desain Sistem

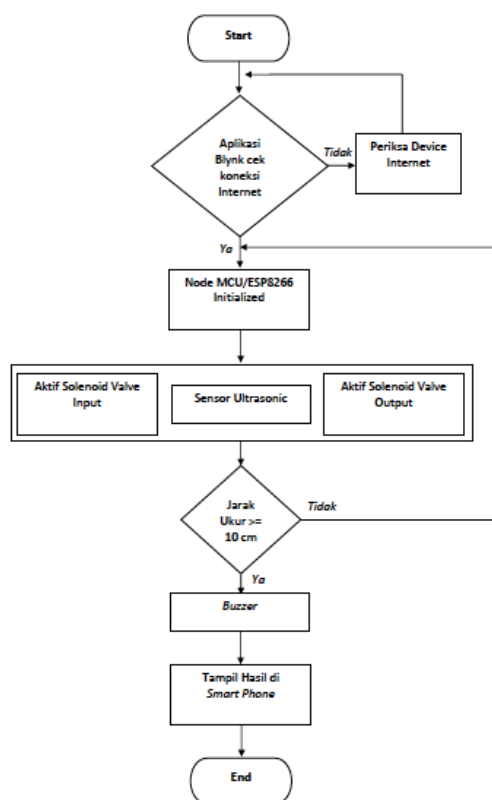
Dari gambar 2 dapat dijelaskan bahwa desain sistem terdiri atas beberapa perangkat *hardware* antara lain; NodeMCU ESP8266, sensor *Ultrasonic*, *Solenoid Water Valve* dan LED. Semua sistem yang di desain terhubung

dengan aplikasi *Blynk* untuk memonitor dan mengontrol kondisi air dari jarak jauh. Adapun pin yang terhubung pada NodeMCU ESP8266 sebagai berikut:

- a. Sensor *Ultrasonic* : pin Triger (D2), Echo (D1)
- b. *Solenoid Water Valve in* : pin D5
- c. *Solenoid Water Valve out* : pin D6
- d. LED : pin D4
- e. Buzzer : pin D7
- f. *Power Supply* : + 5 VCC
- g. *Ground* : GND

### 2.3 Flowchart Kerja Sistem Kontrol

*Flowchart* cara kerja sistem kontrol air dan pencahayaan pada akuarium berbasis IoT dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** *Flowchart* kerja system kontrol

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Data

Analisis data pada sistem kontrol air dan pencahayaan akuarium berbasis *Internet of Things* (IoT) bertujuan untuk memastikan kinerja optimal dan keberlanjutan lingkungan hidup ikan hias. Data yang dikumpulkan dari sensor *ultrasonic*, LED, *solenoid water valve*, dan *buzzer* memberikan informasi penting tentang kondisi akuarium. Sensor *ultrasonic* mengukur ketinggian air pada batas minimum dan maximum, memungkinkan sistem untuk mendeteksi penurunan air dengan mengaktifkan katup solenoid untuk mengisi air hingga ketinggian yang diinginkan. Data ini juga dapat digunakan untuk memprediksi kapan air perlu diganti atau ditambahkan, mengoptimalkan penggantian air secara berkala.

Analisis terhadap penggunaan LED dan sistem pencahayaan bertujuan untuk meminimalkan pertumbuhan lumut akibat pencahayaan yang berlebihan. Data durasi dan intensitas pencahayaan yang diatur melalui *smartphone* memberikan wawasan tentang efektivitas pencahayaan dan dampaknya terhadap kejernihan air. Dengan menganalisis pola-pola penggunaan ini, sistem dapat mengatur pencahayaan secara lebih efisien, misalnya dengan menyesuaikan intensitas cahaya berdasarkan waktu atau kebutuhan spesifik ikan hias.

Penggunaan data historis yang diperoleh dari sistem IoT juga memungkinkan prediksi masalah potensial, seperti fluktuasi pH air atau penurunan kualitas air, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil lebih awal untuk

menjaga kesehatan ikan. Analisis ini membantu dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem kontrol dan memastikan kondisi optimal bagi ikan hias.

### 3.1.1 Pengujian data pada Sensor *Ultrasonic*

Pada Tabel 1, hasil pengujian sensor ultrasonik ditampilkan berdasarkan pengukuran yang dilakukan secara *real-time*. Pengujian ini melibatkan pembacaan status ketinggian level air oleh sensor *ultrasonic*, dengan jarak pengukuran yang telah ditetapkan. Jarak minimum level air diukur dari posisi letak sensor *ultrasonic* terhadap permukaan air, dan hasilnya diuji dalam sistem dengan nilai jarak 26,1 cm yang mewakili persentase air sebesar 20%.

Pengukuran ini penting untuk memastikan akurasi sensor dalam mendeteksi perubahan ketinggian air, yang berfungsi sebagai bagian dari sistem kontrol pada akuarium berbasis IoT. Dengan data yang diperoleh dari pengujian ini, sistem dapat mengaktifkan mekanisme untuk menambah atau mengurangi air dalam akuarium, menjaga stabilitas level air sesuai dengan kebutuhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu memberikan pembacaan yang akurat dan dapat diandalkan, yang esensial untuk keberlangsungan ekosistem akuarium. Analisis lebih lanjut dari data ini dapat digunakan untuk mengkalibrasi sistem, sehingga bisa memberikan respons yang lebih cepat dan tepat dalam menjaga kualitas lingkungan air bagi ikan hias.

**Tabel 1.** Pengujian data Sensor *Ultrasonic* Batas Minimum Level Air

No.	Waktu	Nilai Aktual	Nilai Sensor (cm)
1	00:31:49.394	26	26,1
2	00:31:49.740	26	26,1
3	00:31:50.123	26	26,1
4	00:31:50.504	26	26,1
5	00:31:50.866	26	26,1
6	00:31:51.248	26	26,1
7	00:31:51.598	26	26,1
8	00:31:51.975	26	26,1
9	00:31:52.364	26	26,1
10	00:31:52.717	26	26,1
Rata-rata			26,1

Pada tabel 2, hasil pengujian sensor *ultrasonic* menunjukkan pengukuran batas ketinggian maksimum level air dari posisi letak sensor. Sensor mencatat jarak 14 cm dengan persentase air sebesar 80%. Pengujian ini penting untuk memastikan sensor dapat mendeteksi ketinggian air maksimum secara akurat, yang esensial untuk mencegah meluapnya air dan menjaga stabilitas lingkungan dalam akuarium berbasis IoT. Data ini juga digunakan untuk mengoptimalkan respons sistem dalam mengatur level air.

**Tabel 2.** Pengujian data Sensor *Ultrasonic* Batas Maximum Level Air

No.	Waktu	Nilai Aktual	Nilai Sensor (cm)
1	00:47:17.056	14	14
2	00:47:17.449	14	14
3	00:47:17.798	14	14
4	00:47:18.177	14	14
5	00:47:18.563	14	14
6	00:47:18.911	14	14
7	00:47:19.284	14	14
8	00:47:19.661	14	14
9	00:47:20.041	14	14
10	00:47:20.421	14	14
Rata-rata			14

### 3.1.2 Pengujian Lampu

Proses pengujian lampu yang terpasang pada akuarium, seperti yang terlihat pada Gambar 4, melibatkan integrasi lampu dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Lampu ini dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan smartphone, memanfaatkan teknologi IoT.

Lampu yang digunakan beroperasi dengan sumber tegangan 220V AC, yang kemudian diubah menjadi 12V DC menggunakan relay untuk kompatibilitas dengan sistem kontrol. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan perintah melalui pin (D4) pada mikrokontroler. Saat perintah "on" dikirimkan, lampu berhasil menyala, menandakan keberhasilan sistem dalam mengontrol lampu. Sebaliknya, saat perintah "off" dikirimkan, lampu berhasil mati, menunjukkan bahwa sistem dapat mematikan lampu secara efisien. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem kontrol berbasis IoT bekerja dengan baik, memungkinkan pengendalian pencahayaan akuarium yang efisien dan dapat diandalkan. Pengendalian jarak jauh melalui *smartphone* memberikan kemudahan bagi pemilik akuarium, memungkinkan pengguna untuk mengatur pencahayaan sesuai kebutuhan ikan dan kondisi lingkungan, tanpa harus

berada di dekat akuarium. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga mendukung pemeliharaan lingkungan akuarium yang optimal.

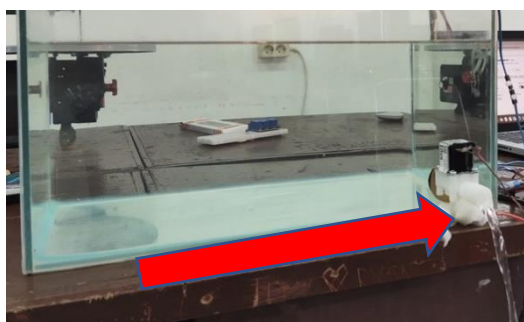


**Gambar 4.** Pengujian Lampu pada Akuarium

### 3.1.3 Pengujian *Solenoid Water Valve*

Pengujian terhadap *Solenoid Water Valve*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, membuktikan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Katup pembuka dan penutup bekerja secara optimal untuk mengisi dan membuang air dalam akuarium. Sistem ini dapat dikontrol dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *smartphone*, memanfaatkan teknologi IoT. NodeMCU ESP8266, sebagai mikrokontroler utama, mengirimkan data ke server *Blynk Cloud* dalam format TCP/IP. Data tersebut kemudian diterjemahkan menjadi logika "high" atau "low" pada pin D5 dan D6, yang berfungsi untuk mengatur pembukaan dan penutupan *solenoid water valve*. Logika "high" akan membuka katup untuk mengisi air, sedangkan logika "low" akan menutup katup atau membuka katup lain untuk membuang air.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol ini sangat responsif dan dapat diandalkan dalam mengatur aliran air dalam akuarium. Kemampuan untuk mengendalikan sistem dari jarak jauh melalui *smartphone* memberikan kemudahan tambahan bagi pemilik akuarium, memungkinkan pengaturan yang lebih efisien tanpa perlu interaksi fisik langsung dengan perangkat. Hal ini mendukung upaya pemeliharaan akuarium yang lebih modern dan praktis.



**Gambar 5.** Pengujian *Solenoid Water Valve* pada Akuarium

### 3.1.4 Pengujian *Sensor Ultrasonic terhadap Buzzer*

Pengujian sensor ultrasonik terhadap *buzzer* bertujuan untuk menentukan batas minimum dan maksimum level air dalam akuarium, serta memastikan bahwa *buzzer* berfungsi dengan baik sebagai sistem peringatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *buzzer* akan aktif (bunyi) ketika level air berada pada batas minimum atau maksimum yang telah ditentukan. Pada pengujian batas minimum, sensor *ultrasonic* mendeteksi jarak air sebesar  $\geq 26,1$  cm. Ketika air berada pada level ini, *buzzer* secara otomatis aktif, memberikan peringatan bahwa air sudah mencapai tingkat yang rendah dan perlu ditambah. Hal ini penting untuk mencegah kondisi air yang tidak memadai, yang dapat membahayakan ikan.

Sementara itu, pada pengujian batas maksimum, sensor mendeteksi jarak air sebesar  $\leq 14$  cm. Pada level ini, *buzzer* juga aktif, menandakan bahwa air telah mencapai batas tertinggi yang aman, dan perlu dihentikan pengisiannya untuk mencegah meluapnya air dari akuarium. Dengan demikian, pengujian ini memastikan bahwa sensor ultrasonik bekerja secara akurat dalam mendeteksi level air dan bahwa *buzzer* berfungsi efektif sebagai sistem peringatan. Sistem ini membantu menjaga stabilitas dan keamanan lingkungan akuarium secara otomatis.

## 3.2 Pembuatan Rangkaian Sistem Kontrol

Pada pembuatan rangkaian sistem kontrol akuarium berbasis IoT, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, tahapan awal yang dilakukan adalah mempersiapkan berbagai komponen penting. Komponen yang digunakan meliputi sensor *ultrasonicsolenoid water valve*, lampu LED, kabel jumper, *power supply*, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan modul *WiFi*. Semua komponen ini memainkan peran krusial dalam mendukung fungsionalitas sistem kontrol yang dirancang.

NodeMCU ESP8266, sebagai pusat kendali, menyediakan pin-pin input/output digital dan analog yang digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik. Misalnya, *solenoid water valve*, yang bertugas

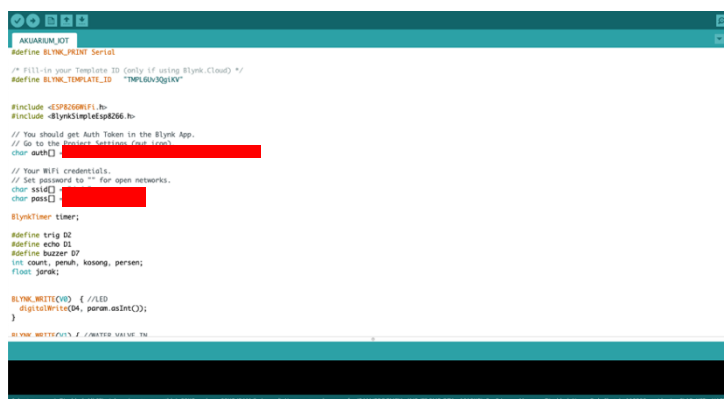
mengatur aliran air masuk dan keluar akuarium, menggunakan catu daya 12V DC untuk memastikan pengoperasian yang stabil dan andal. Sensor ultrasonic, yang bertugas mendeteksi ketinggian air, serta buzzer, yang berfungsi sebagai sistem peringatan, menggunakan catu daya 5V DC, tegangan yang optimal untuk operasi perangkat tersebut. NodeMCU ESP8266 sendiri membutuhkan catu daya 3.3V DC, yang cukup untuk mengoperasikan mikrokontroler serta modul *WiFi* yang terintegrasi. Lampu yang digunakan dalam sistem ini awalnya beroperasi dengan catu daya 220V AC, namun tegangan ini kemudian diubah menjadi 5V DC dengan bantuan *relay*. *Relay* ini memastikan bahwa lampu dapat dikendalikan secara aman dan efisien oleh sistem kontrol berbasis IoT.



Gambar 6. Tahap Pembuatan Rangkaian

Setelah semua komponen terhubung dengan benar, langkah selanjutnya adalah pembuatan program untuk mengendalikan sistem. Program ini ditulis dalam bahasa pemrograman C menggunakan aplikasi Arduino IDE, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Program ini berfungsi untuk mengatur seluruh fungsi komponen, mulai dari sensor ultrasonic hingga *solenoid water valve*, serta memastikan komunikasi yang lancar antara NodeMCU ESP8266 dan aplikasi *Blynk Cloud* melalui modul *WiFi*.

Dengan program yang dikembangkan melalui Arduino IDE, sistem kontrol akuarium ini dapat beroperasi secara maksimal, memantau dan mengendalikan kondisi akuarium dari jarak jauh menggunakan *smartphone*. Hal ini memastikan bahwa lingkungan akuarium tetap optimal, mendukung kesehatan ikan hias yang dipelihara.



Gambar 7. Program Akuarium IoT

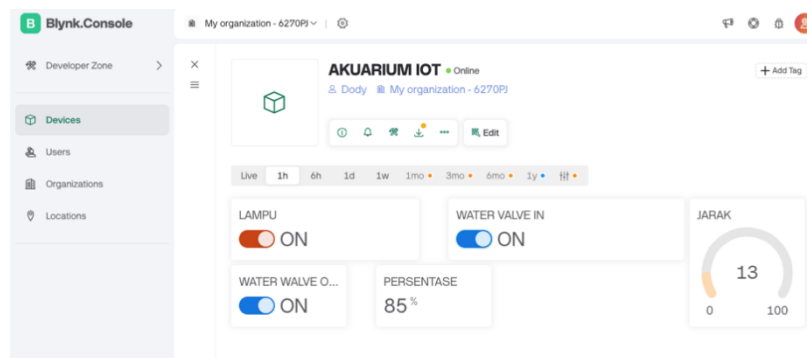
### 3.3 Pembahasan

#### 3.3.1 Tampilan Dashboard Blynk

Pada Gambar 8, terlihat desain tampilan aplikasi Akuarium IoT yang dapat dilihat melalui layar komputer. Desain ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kondisi akuarium dengan lebih mudah dan efisien. Sementara itu, pada Gambar 9, ditampilkan tampilan *dashboard* Akuarium IoT yang dapat diakses melalui *smartphone*. *Dashboard* ini dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan intuitif, dilengkapi dengan empat tombol utama untuk mengoperasikan sistem. Keempat tombol tersebut terdiri dari tombol lampu, *water valve in*, *water valve out*, dan pemberitahuan level air. Tombol lampu berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan lampu akuarium. Ketika tombol ini diberi logika “1”, lampu akan menyala atau aktif, sedangkan jika diberi logika “0”, lampu akan mati atau nonaktif. Tombol ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol pencahayaan akuarium sesuai kebutuhan, langsung dari *smartphone* pengguna.

Selanjutnya, tombol *water valve in* digunakan sebagai kontrol untuk kran pengisian air ke dalam akuarium. Dengan menekan tombol ini, pengguna dapat mengaktifkan *solenoid water valve* untuk mengisi air secara otomatis. Sebaliknya, tombol *water valve out* berfungsi sebagai kontrol untuk kran pembuangan air. Tombol ini memungkinkan pengguna untuk menguras air dari akuarium secara efisien dan otomatis. Desain sistem Akuarium IoT juga dilengkapi

dengan fitur tampilan pemberitahuan mengenai jarak dan persentase tinggi atau rendahnya level air dalam akuarium. Informasi ini ditampilkan secara *real-time* pada *dashboard*, memberikan pengguna wawasan yang jelas tentang kondisi air dalam akuarium. Dengan demikian, pengguna dapat segera mengambil tindakan jika diperlukan, seperti menambah atau mengurangi air untuk menjaga stabilitas lingkungan akuarium. Secara keseluruhan, desain tampilan aplikasi dan *dashboard* Akuarium IoT ini memberikan kemudahan dan kontrol penuh bagi pengguna dalam mengelola kondisi akuarium, memastikan bahwa lingkungan tetap optimal untuk kelangsungan hidup ikan hias.



**Gambar 8.** Tampilan *Dashboard Blynk* di PC/Laptop



**Gambar 9.** Tampilan *Dashboard Blynk* di Smartphone

### 3.3.2 Tampilan Lampu Pada Akuarium

Pada gambar 10 terlihat tampilan lampu pada akuarium yang dipasang diatas akuarium dengan jarak 7 cm dari permukaan akuarium. Lampu akuarium berfungsi sebagai pencahayaan pada akuarium yang dapat hidup/mati berdasarkan perintah sinyal yang dikirimkan dari pengguna. Sinyal akan dikirimkan melalui jaringan internet ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 kemudian diteruskan ke pin yang telah ditentukan untuk menghidupkan/mematikan lampu tersebut.



**Gambar 10.** Tampilan Lampu pada Akuarium

### 3.3.3 Tampilan Sensor *Ultrasonic*

Sensor *ultrasonic* jenis HC SR04 yang digunakan pada sistem kontrol jarak ketinggian level air pada akuarium berbasis IoT dapat dilihat pada gambar 11 telah diuji dan mendapatkan hasil luaran yang maksimal. Sensor dapat membaca data masukan dengan baik pada level ketinggian air. Data yang diperoleh dari sensor *ultrasonic* kemudian

diteruskan ke mikrokontroller NodeMCU ESP8266 untuk memberikan pemberitahuan ke sistem mengenai level ketinggian air baik batas maksimal maupun batas minimum air. Adapun jarak sensor *ultrasonic* yang diletakkan di atas permukaan akuarium sebesar 5 cm.



**Gambar 11.** Tampilan Sensor *Ultrasonic* pada Akuarium

### 3.3.4 Tampilan *Solenoid Water Valve*

Sistem kontrol air dan pencahayaan pada akuarium berbasis IoT yang terlihat pada gambar 12 dibawah dilengkapi 2 (dua) buah *solenoid water valve*. *solenoid water valve* pertama diletakkan diposisi atas dengan jarak 6 cm dari permukaan akuarium dan berfungsi sebagai kran pengisi air pada akuarium. Sedangkan *solenoid water valve* kedua diletakkan dengan jarak 27 cm dari permukaan akuarium dan berfungsi sebagai kran pembuang air pada akuarium. Dua buah *solenoid water valve* ini dapat di kendalikan dari jarak jauh baik menggunakan *smartphone* maupun PC/laptop.



**Gambar 12.** Tampilan *Solenoid Water Valve* pada Akuarium

### 3.3.5 Tampilan Rangkaian Sistem Akuarium IoT

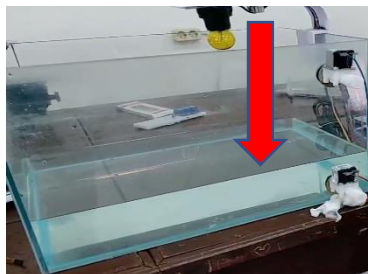
Rangkaian sistem yang dirancang seperti terlihat pada gambar 13 dibawah dilengkapi sistem kendali Mikrokontroller NodeMCU ESP8266. Seluruh perangkat *hardware* lampu, sensor *ultrasonic*, *solenoid water valve* dan *Buzzer* terhubung ke perangkat ini melalui pin yang telah disediakan dan ditentukan penggunaannya.



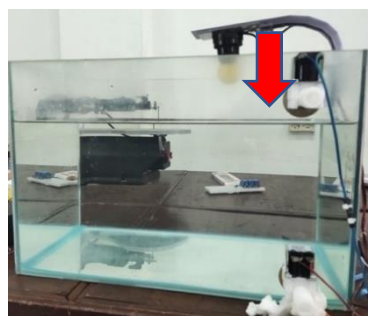
**Gambar 13.** Tampilan Sistem Akuarium IoT

### 3.3.6 Tampilan Kondisi Air Batas Minimum dan Maksimum

Pada gambar 14 dan 15 dibawah terlihat kondisi air pada akuarium dengan menampilkan level air pada kondisi minimum dan maksimum. Kondisi level air tersebut telah ditentukan batas ketinggian level airnya dengan batas minimum sebesar 26,1 cm dari posisi letak sensor *ultrasonic* dan batas maksimum sebesar 14 cm dari posisi letak sensor *ultrasonic*.



**Gambar 14.** Tampilan Kondisi air pada Batas Minimum



**Gambar 15.** Tampilan Kondisi air pada Batas Maximum

## 4. KESIMPULAN

Sistem kontrol air dan pencahayaan pada akuarium berbasis *Internet of Things* (IoT) menawarkan berbagai manfaat yang signifikan bagi para pemelihara ikan hias. Sistem ini memungkinkan pemilik untuk memantau dan mengendalikan kondisi akuarium secara *real-time* melalui *smartphone*, yang paling penting meningkatkan efisiensi pengelolaan akuarium, terutama bagi mereka yang sibuk dan tidak selalu memiliki waktu untuk merawat akuarium secara manual. Dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke *Blynk Cloud*, sistem ini mampu memberikan layanan pengendalian seperti pengisian air dan pengaturan pencahayaan. Penggunaan sensor ultrasonic memastikan bahwa ketinggian air selalu terjaga pada batas minimum dan maksimum yang telah ditetapkan, sementara LED dan katup solenoid membantu dalam mengontrol pencahayaan dan aliran air. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan *buzzer* sebagai alat peringatan ketika kondisi air melampaui dari batas normal, sehingga membantu mencegah potensi bahaya bagi ikan hias dan memastikan lingkungan akuarium tetap aman serta terjaga dengan baik. Keberadaan sistem IoT ini juga mengurangi risiko kesalahan manusia, seperti lupa mengganti air atau mengatur pencahayaan, yang dapat berdampak buruk pada kesehatan ikan. Dengan kontrol yang lebih baik terhadap lingkungan akuarium, ikan hias dapat tumbuh dalam kondisi yang lebih stabil dan sehat. Secara keseluruhan, sistem IoT ini merupakan solusi canggih yang tidak hanya memudahkan pemeliharaan akuarium, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup ikan, sambil mengoptimalkan waktu dan usaha yang diperlukan oleh pemilik.

## REFERENCES

- [1] H. E. Putra, M. Jamil, and S. Lutfi, "SMART AKUARIUM BERBASIS IoT MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 3," *Jurnal Informatika dan Komputer* p-ISSN, vol. 2, no. 2, pp. 2355–7699, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.30865/json.v4i1.4539>.
- [2] F. Noer Muhamad, D. Toni Yulianto, and M. Aldi Aulia Fathurohman, "Aquarium Monitoring and Automatic Feeding System Based on Internet of Things," *International Journal of Research and Applied Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 123–130, 2023, doi: 10.34010/injuratech.v3i1.10012.
- [3] I. Rachman, R. Budiman, A. Muhajir, and R. Mi'raz, "SMART AQUARIUM BERBASIS IOT DENGAN WEB SERVER DAN INTELEAGENT OTA," *Technologia*, vol. 14, no. 3, pp. 278–284, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.31602/tji.v14i3.11438>.
- [4] M. Soori, B. Arezoo, and R. Dastres, "Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review," *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, vol. 3, pp. 192–204, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.iotcps.2023.04.006.
- [5] D. Hidayat and I. Sari, "MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *Jutikomp*, vol. 4, no. 1, 2021, Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v4i1.1676>



- [6] B. Utomo and L. Anifah, “Rancang Bangun Smart Aquarium Untuk Ikan Channa Berbasis IoT,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 6875, 2023, Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: DOI: <https://doi.org/10.26740/jte.v12n3.p68-75>
- [7] W. T. Sung, S. C. Tasi, and S. J. Hsiao, “Aquarium Monitoring System Based on Internet of Things,” *Intelligent Automation and Soft Computing*, vol. 32, no. 3, pp. 1649–1666, 2022, doi: 10.32604/IASC.2022.022501.
- [8] R. K. Handoko, “SMART AQUARIUM MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, vol. 4, no. 1, pp. 29–44, Feb. 2021, doi: 10.36085/jsai.v4i1.1227.
- [9] N. Rivaldi, R. T. Mangesa, and F. Adiba, “Pengembangan Teknologi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IOT Dengan Menggunakan NodeMCU Esp8266 Dan Android MQTT,” *Jurnal MediaTIK : Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 37–46, 2023, doi: <https://doi.org/10.26858/jmtik.v6i1.45549>.
- [10] A. S. Kusumo, P. W. Rusimamto, B. Suprianto, G. Putu, and A. Buditjahjanto, “Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Lampu Aquascape Menggunakan Fuzzy Logic Controller Berbasis Arduino,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 322–331, 2022, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v11n2.p322-331>.
- [11] Y. B. Lin and H. C. Tseng, “FishTalk: An IoT-Based Mini Aquarium System,” *IEEE Access*, vol. 7, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2905017.
- [12] S. Villamil, C. Hernández, and G. Tarazona, “An overview of internet of things,” *Telkommika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 18, no. 5, 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911.
- [13] A. D. Suffian Ahmad Taufik, R. Abdullah, A. N. Jaafar, N. N. S. Nik Dzulkefli, and S. I. Ismail, “A low-cost Wi-Fi smart home socket using internet of things,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 13, no. 2, 2024, doi: 10.11591/eei.v13i2.6521.
- [14] R. K. Handoko, “SMART AQUARIUM MENGGUNAKAN SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.36085/jsai.v4i1.1227.
- [15] M. P. Sari, H. Helmizuryani, S. Hustati, D. Andriani, and P. S. Nugraha, “PELATIHAN PEMBUATAN AKUARIUM MINI DAN TEKNIK PEMELIHARAAN IKAN HIAS DI KECAMATAN ALANG-ALANG LEBAR,” *Suluh Abdi*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.32502/sa.v1i2.2298.
- [16] I. Nyoman *et al.*, “Desain Smart High Power Led (HPL) untuk Kontrol Pencahayaan Aquascape Berbasis Internet Of Things,” *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 73–80, 2022, doi: <https://doi.org/10.24853/resistor.5.1.73-80>.
- [17] M. A. Hailan, B. M. Albaker, and M. S. Alwan, “Transformation to a smart factory using NodeMCU with Blynk platform,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 30, no. 1, 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v30.i1.pp237-245.
- [18] J. Susilo, A. Febriani, U. Rahmalisa, and Y. Irawan, “Car parking distance controller using ultrasonic sensors based on arduino uno,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 5, 2021, doi: 10.18196/jrc.25106.
- [19] Udin, H. Hamrul, and Muh. F. Mansyur, “Prototype Sistem Monitoring Kekecuruhan Sumber Mata Air Berbasis Internet of Things,” *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 2, no. 2, 2021, doi: 10.52158/jacost.v2i2.219.
- [20] I. G. Friansyah, Safe’I, and D. F. Waidah, “IMPLEMENTASI SISTEM BLUETOOTH MENGGUNAKAN ANDROID DAN ARDUINO UNTUK KENDALI PERALATAN ELEKTRONIK,” *TIKAR*, vol. 2, no. 2, pp. 121–127, 2021, doi: [https://doi.org/10.51742/teknik\\_informatika.v2i2.394](https://doi.org/10.51742/teknik_informatika.v2i2.394).
- [21] J. W. Simatupang, F. H. Santoso, S. D. Afristanto, and H. B. Maheli, “LAMPU LED SEBAGAI PILIHAN YANG LEBIH EFISIEN UNTUK LAMPU UTAMA SEPEDA MOTOR,” *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 20–26, 2021, doi: <https://doi.org/10.52447/jkte.v6i1.4434>.
- [22] G. Devira Ramady *et al.*, “Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendeteksi Dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino,” *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, vol. VI, no. 2, 2020, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- [23] U. Muhammad, Mukhlisin, Nuardi, A. Mansur, and M. Aditya Bachri Maulana, “Rancang Bangun Power Supply Adjustable Current pada Sistem Pendingin Berbasis Termoelektrik,” *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, vol. 2, no. 2, pp. 106–110, 2021, doi: <https://doi.org/10.61141/joule.v2i2.197>.
- [24] G. Subni *et al.*, “Power Supply Variabel Berbasis Arduino,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 139–143, 2020, doi: <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.53>.