

Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Ketinggian Air pada Akuarium Ikan Hias berbasis IoT

Piter Wijaya, Theophilus Wellem*

Fakultas Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

Email: ¹672018109@student.uksw.edu, ^{2,*}theophilus.wellem@uksw.edu

Email Penulis Korespondensi: theophilus.wellem@uksw.edu

Submitted: 24/07/2022; Accepted: 30/09/2022; Published: 30/09/2022

Abstrak—Sistem pemantauan dan kontrol terhadap lingkungan dan berbagai peralatan elektronik seperti sensor, aktuator, televisi, lampu, dan kamera pengawas merupakan salah satu aplikasi penting dari *Internet-of-Things* (IoT). Pemanfaatan IoT juga telah melahirkan konsep *smart home*, yang diwujudkan dalam bentuk *home automation*, di mana berbagai peralatan di rumah dilengkapi dengan mikrokontroler dan modul WiFi, sehingga dapat terhubung ke Internet dan berinteraksi satu sama lain. Salah satu peralatan di rumah yang dapat dipantau dan dikontrol menggunakan teknologi IoT adalah akuarium ikan hias yang umum dimiliki oleh pembudidaya ikan hias maupun orang yang memiliki hobi memelihara ikan hias. Pemeliharaan ikan hias membutuhkan perhatian khusus terhadap parameter suhu dan kualitas air agar ikan yang dipelihara dapat tumbuh dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada suatu akuarium berbasis IoT. Perangkat keras pada sistem ini diimplementasikan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama dan modul WiFi yang menghubungkan sistem ke Internet, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, dan *relay* untuk mengaktifkan dan mematikan peralatan yang dikontrol oleh sistem. Selain itu, digunakan bot Telegram untuk memberikan perintah untuk mengontrol peralatan dan menerima notifikasi dari sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Jika suhu air pada akuarium berada di luar rentang yang ditetapkan (24°C hingga 32°C), sistem akan mengaktifkan kipas atau heater untuk menyesuaikan suhu air.

Kata Kunci: Sistem pemantauan; Akuarium; NodeMCU ESP8266; IoT; Bot Telegram

Abstract—Environmental monitoring and control systems of various electronic equipment such as sensors, actuators, televisions, lights, and surveillance cameras are one of the essential applications of Internet-of-Things (IoT). The utilization of IoT has also given birth to the smart home concept, which is realized in the form of home automation, where various equipment at home is equipped with a microcontroller and WiFi module such that they can connect to the Internet and interact with each other. One of the equipment at home that can be monitored and controlled using IoT technology is a fish aquarium which is commonly owned by ornamental fish cultivators or people who have a hobby of taking care of ornamental fish. Taking care of ornamental fish requires special attention to the parameters of temperature and water quality such that the fish can grow well. This study aims to design and implement an IoT-based temperature and water level monitoring system in an aquarium. The hardware in this system is implemented using NodeMCU ESP8266 as the central controller and the WiFi module that connects the system to the Internet, temperature sensor DS18B20, ultrasonic sensor HC-SR04, and relays to turn on and off equipment controlled by the system. In addition, Telegram bots are used to give commands to control equipment and receive notifications from the system. The testing results show that the designed system can work according to predetermined specifications. If the water temperature in the aquarium is outside of a specified range (24°C to 32°C), the system will activate a fan or a heater to adjust the water temperature.

Keywords: Monitoring System; Aquarium; NodeMCU ESP8266; IoT; Bot Telegram

1. PENDAHULUAN

Internet-of-Things (IoT) saat ini telah digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari terutama pada sistem atau aplikasi untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan pengontrolan peralatan elektronik [1]–[4]. Berbagai peralatan, misalnya sensor, aktuator, peralatan rumah (*home appliances*), dan kamera pengawas (CCTV) dilengkapi dengan mikrokontroler dan koneksi Internet sehingga dapat berinteraksi satu sama lain atau berinteraksi dengan *user*, dan dikontrol dari mana saja selama terdapat koneksi Internet. Berkembangnya pemanfaatan IoT juga memunculkan ide dan konsep baru seperti *smart city* [5], *smart transportation* [6], *smart healthcare* [7], *smart home* [8] dan sebagainya. Hal ini didukung oleh tersedianya platform seperti Arduino dan Raspberry Pi serta standard komunikasi misalnya, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Near Field Communication* (NFC), Zigbee, Bluetooth, dan NB-IoT.

Aplikasi IoT pada *home automation* untuk mewujudkan ide *smart home* merupakan penerapan yang paling sering dijumpai, di mana peralatan rumah seperti televisi, kulkas, lampu, *air conditioner* (AC), kunci pintar (*smart lock*), dan CCTV dapat dipantau dan dikontrol dari jarak jauh melalui Internet. Salah satu peralatan di rumah yang dapat dipantau dari jarak jauh melalui Internet adalah akuarium ikan hias. Selain merupakan hobi untuk mengisi waktu luang, memelihara ikan hias dalam akuarium dapat menjadi sebuah peluang bisnis yang menjanjikan. Ikan hias seperti ikan arwana (*arowana*), ikan koi, atau ikan bidadari (*angelfish*) mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan dalam pemeliharaan ikan tersebut dibutuhkan perhatian terhadap parameter air yang harus dijaga agar ikan tersebut dapat tumbuh dengan baik. Salah satu parameter yang harus dipantau adalah suhu air pada akuarium. Selain itu, terdapat juga parameter-parameter lain seperti pH air, tingkat kekeruhan air, atau kandungan zat kimia yang dapat dipantau. Kesalahan dalam pemeliharaan dapat menyebabkan kematian pada ikan dan menimbulkan kerugian secara finansial. Untuk membantu mengatasi masalah ini, beberapa penelitian [9]–[12] mengembangkan

aplikasi berbasis IoT untuk memantau kondisi akuarium dari jarak jauh melalui Internet. Hal ini sangat bermanfaat jika pemilik ikan tersebut sedang tidak berada di rumah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada suatu akuarium berbasis IoT. Sistem ini diimplementasikan menggunakan *board* NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama (*main controller*), sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, dan empat buah *relay* untuk mengaktifkan dan mematikan peralatan lainnya yang dibutuhkan dalam pengontrolan dan pemantauan akuarium, seperti kipas angin, lampu, pemanas (*heater*), dan pompa air. Perintah dari *user* kepada sistem dan notifikasi dari sistem kepada *user* mengenai kondisi akuarium diimplementasikan menggunakan bot Telegram, sehingga *user* dapat memanfaatkan aplikasi Telegram untuk memantau kondisi suhu dan ketinggian air pada akuarium, serta menyalakan atau mematikan peralatan.

Pada perancangan dan implementasi sistem pemantauan akuarium yang dilakukan dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan. Selain penelitian [9]–[12], penelitian [13] mengembangkan sistem untuk memantau dan mengontrol suhu air pada akuarium ikan Arwana. Arduino Uno, NodeMCU ESP8266 WiFi *module*, sensor DS18B20, dan aplikasi Blynk digunakan pada sistem tersebut. Sistem monitoring dan kontrol suhu dan pH pada akuarium ikan cupang (*betta fish*) dikembangkan pada penelitian [14]. Sistem tersebut menggunakan ESP32, sensor pH, dan sensor DS18B20. Alat yang dikontrol oleh sistem adalah kipas dan *heater*. Penelitian [15] mengembangkan sistem monitoring akuarium ikan mas (*goldfish*). Sistem monitoring tersebut menggunakan *board* WeMOS D1 sebagai pengendali utama, sensor pH, sensor berat, sensor suhu, dan sensor ultrasonik. Peralatan yang dikontrol adalah kipas, pompa, dan motor untuk membuka/menutup tempat pakan ikan. Selain sistem untuk memantau kondisi akuarium dan mengontrol peralatan pendukungnya, sistem berbasis IoT yang umum dikembangkan untuk budidaya ikan pada akuarium maupun pada kolam adalah sistem pemberi pakan ikan otomatis [15]–[17]. Pada sistem pemantauan dan kontrol akuarium yang dilengkapi pemberian pakan umumnya digunakan sebuah motor servo yang membuka dan menutup tempat pakan ikan.

Secara umum, sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada penelitian ini mempunyai tujuan utama yang mirip dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu untuk memantau kondisi akuarium dan melakukan pengontrolan terhadap berbagai peralatan pendukungnya guna memastikan bahwa kondisi pada akuarium tersebut tetap terjaga sesuai dengan kebutuhan ikan yang dipelihara. Kondisi atau parameter yang sering dipantau misalnya, suhu air, ketinggian air, pH air, tingkat kekeruhan air, dan sebagainya. Perbedaan pada berbagai penelitian terdahulu mengenai sistem pemantauan akuarium umumnya terletak pada jumlah parameter yang dipantau dan peralatan pendukung yang dibutuhkan. Sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada penelitian ini memantau dua parameter yaitu, suhu air dan ketinggian air, serta mengontrol empat peralatan pendukung: kipas, *heater*, lampu, dan pompa air.

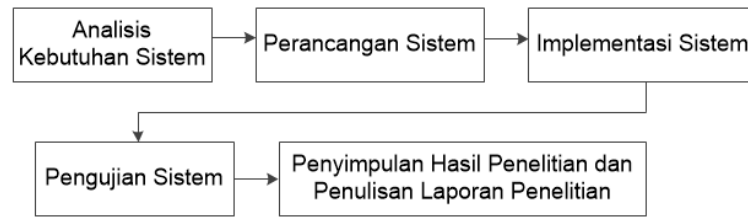
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam melaksanakan penelitian untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada akuarium ikan hias berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 1 dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

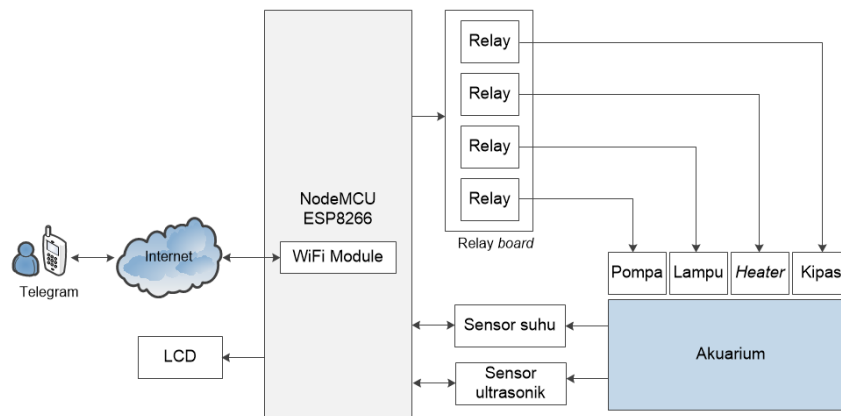
1. Tahap analisis kebutuhan sistem: Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap berbagai hal yang diperlukan dalam perancangan dan implementasi sistem, misalnya kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak yang dibutuhkan misalnya, perangkat lunak untuk menggambar diagram alir (*flowchart*) sistem, menggambar rangkaian perangkat keras, dan menuliskan kode program. Selanjutnya, untuk perangkat keras dibutuhkan *board* mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan beberapa sensor serta perangkat keras pendukung lainnya. Pada tahap ini juga dilakukan studi pustaka atau *review* dari beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pemantauan suhu maupun parameter-parameter lain pada akuarium ikan hias.
2. Tahap perancangan sistem: Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk merealisasikan sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada akuarium berbasis IoT. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir yang menunjukkan hal-hal yang harus dilakukan oleh sistem saat sistem tersebut dijalankan. Diagram alir ini menjadi dasar untuk tahap implementasi perangkat lunak. Perangkat lunak untuk membuat skema rangkaian (CAD *software*) digunakan untuk menggambarkan hubungan antara NodeMCU dengan komponen-komponen perangkat keras lainnya pada sistem yang akan diimplementasikan.
3. Tahap implementasi sistem: Pada tahap ini dilakukan realisasi dari rancangan perangkat keras yang telah dibuat pada tahap perancangan sistem. Komponen-komponen perangkat keras dirangkai dan dihubungkan sehingga menjadi suatu sistem yang dapat diuji fungsionalitasnya pada tahap berikutnya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan implementasi kode program untuk NodeMCU ESP8266 (menggunakan *software* Arduino IDE).
4. Tahap pengujian sistem: Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem dengan menjalankan sistem tersebut dan melakukan pemeriksaan apakah sistem yang telah diimplementasikan berjalan sesuai dengan spesifikasi dan layak untuk digunakan. Jika belum berjalan sesuai dengan spesifikasi, dilakukan perbaikan yang perlu agar

- sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuannya. Tahap pengujian dilakukan dengan menguji fungsi dari sensor-sensor yang digunakan terlebih dahulu dan kemudian diikuti oleh pengujian sistem secara keseluruhan.
5. Tahap penyimpulan hasil penelitian dan penulisan laporan penelitian: Pada tahap ini dilakukan penulisan laporan penelitian berdasarkan hasil yang diperoleh dari pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Diagram blok dari sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utamanya beserta beberapa komponen perangkat keras lainnya yang dijelaskan fungsinya pada subbagian 2.2.



Gambar 2. Diagram blok Sistem

2.2 Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa komponen untuk mengimplementasikan perangkat keras dari sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada akuarium, yaitu NodeMCU ESP8266, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HS-SR04, LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C, dan *relay*. Deskripsi secara singkat dari perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan suatu *board* mikrokontroler yang digunakan untuk pengembangan aplikasi IoT. *Board* ini menggunakan ESP8266 SoC (*System-on-Chip*) yang terdiri dari mikrokontroler, modul WiFi, dan komponen pendukung lainnya (misalnya *analog-to-digital converter* (ADC)) secara terintegrasi. *Board* NodeMCU ESP8266 menggunakan prosesor 32-bit dengan clock 80 MHz, serta mempunyai 11 digital I/O pin, satu analog I/O pin, *flash memory* dengan kapasitas sebesar 4 MB, dan SRAM dengan kapasitas sebesar 4 KB. Jumlah total pin GPIO adalah sebanyak 17 pin. Selain itu, *board* NodeMCU ESP8266 juga mendukung komunikasi serial UART, SPI, dan I2C. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pengendali utama untuk memberikan perintah kepada komponen-komponen perangkat keras lainnya dan melakukan pemrosesan data.

2. Sensor DS18B20

Sensor ini merupakan sensor suhu yang dapat mengukur suhu dengan rentang dari -55°C hingga 125°C. Selain itu, DS18B20 memiliki ADC internal dan menyediakan pengukuran temperatur dengan nilai resolusi yang dapat dipilih dari 9-bit hingga 12-bit sehingga mempunyai akurasi yang cukup tinggi, yaitu ±0.5°C pada rentang suhu antara -10°C sampai +85°C. Sensor DS18B20 mempunyai tiga pin yaitu GND, VDD, dan DQ (data), serta menggunakan protokol komunikasi serial 1-Wire untuk berkomunikasi dengan prosesor atau mikrokontroler. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air pada akuarium.

3. Sensor HC-SR04

Sensor ini merupakan sensor ultrasonik yang menggunakan sonar untuk mengukur jarak (*distance*). Pada HC-SR04 terdapat dua transduser ultrasonik yang masing-masing bekerja sebagai pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Cara kerja dari sensor ini didasarkan pada prinsip pemantulan gelombang suara

berfrekuensi tinggi (ultrasonik) sehingga dapat digunakan untuk mengukur eksistensi (jarak) suatu benda dari posisi sensor. Gelombang ultrasonik merupakan suatu gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20 kHz. Sensor HS-SR04 memiliki empat pin yaitu Vcc (*supply*), Trig (*transmit*), Echo (*receive*), dan Gnd (*ground*). *Transmitter* ultrasonik akan mengeluarkan gelombang suara berfrekuensi 40 kHz dan jika gelombang suara ini mengenai suatu obyek, gelombang tersebut akan dipantulkan dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Waktu yang dibutuhkan untuk menerima pantulan dari gelombang suara yang ditransmisikan digunakan sebagai dasar pengukuran jarak dari sensor terhadap suatu benda. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, HS-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian air pada akuarium.

4. LCD I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit) merupakan *bus* komunikasi serial yang umumnya digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen dan *chip* berkecepatan rendah ke prosesor. Modul I2C digunakan pada LCD untuk mengurangi jumlah pin interkoneksi pada LCD sehingga memudahkan koneksi antara LCD dan board mikrokontroler. Modul I2C memiliki empat pin (VCC, GND, SDA, SCL) yang dihubungkan ke *board* NodeMCU ESP8266 untuk mengontrol 16 x 2 karakter LCD. Pin yang digunakan untuk komunikasi I2C pada NodeMCU ESP8266 adalah pin SDA dan pin SCL. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, LCD I2C berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran dari suhu dan ketinggian air pada akuarium.

5. Relay

Relay merupakan saklar dioperasikan secara elektrik dan menggunakan prinsip elektromagnetik dalam operasinya. Sebuah *relay* terdiri dari kumparan kawat penghantar (*coil*) yang dililitkan pada inti besi (*iron core*), pegas (*spring*), lengan penggerak (*armature*), dan saklar (*switch*). Saat kumparan dialiri arus listrik, gaya elektromagnetik yang dihasilkan akan menarik lengan penggerak untuk memindahkan saklar. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, *relay* digunakan sebagai saklar untuk menyalakan dan mematikan pompa air, lampu, pemanas (*heater*), serta kipas angin DC 12V.

Fungsi dari peralatan-peralatan lain yang digunakan seperti kipas angin, *heater*, lampu, dan pompa air adalah sebagai berikut: kipas angin digunakan untuk menurunkan suhu air jika air terlalu panas (melebihi 32°C), sedangkan heater digunakan untuk menaikkan suhu air jika air terlalu dingin (kurang dari 24°C). Pompa air digunakan untuk menjaga sirkulasi air pada akuarium melalui suatu penyaring (*filter*) agar air dalam akuarium tetap bersih. Selain itu, pompa air juga berguna untuk menjaga suhu air agar merata dan kadar oksigen dalam air. Lampu digunakan untuk memberikan pencahayaan pada akuarium untuk tujuan dekoratif. Tabel 1 menunjukkan daftar perangkat keras yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem pada penelitian ini.

Tabel 1. Peralatan yang digunakan

No	Nama	Jumlah
1	NodeMCU ESP8266	1
2	<i>Breadboard</i>	1
3	<i>Box casing</i>	1
4	LCD I2C 16 x 2	1
5	Sensor HC-SR04	1
6	Sensor DS18B20	1
7	Relay 4 <i>channel</i>	1
8	Kabel jumper	25
9	Kipas angin DC 12V	1
10	<i>Heater</i> akuarium	1
11	Lampu akuarium	1
12	Mesin pompa akuarium	1

Perangkat lunak yang dibutuhkan adalah Arduino IDE untuk menuliskan kode program dan Fritzing untuk menggambar skema rangkaian perangkat keras. Selain itu, digunakan juga Telegram dan bot Telegram. Deskripsi secara singkat dari perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat yang digunakan sebagai *editor* dan *compiler* kode program serta *uploader* untuk pengembangan program pada *board* Arduino, termasuk NodeMCU ESP8266.

2. Fritzing

Fritzing merupakan perangkat lunak *open-source* yang digunakan untuk merancang skematik rangkaian elektronik, termasuk mendesain *printed circuit board* (PCB). Skematik rangkaian perangkat keras pada penelitian ini dirancang menggunakan perangkat lunak ini.

3. Telegram dan Bot Telegram

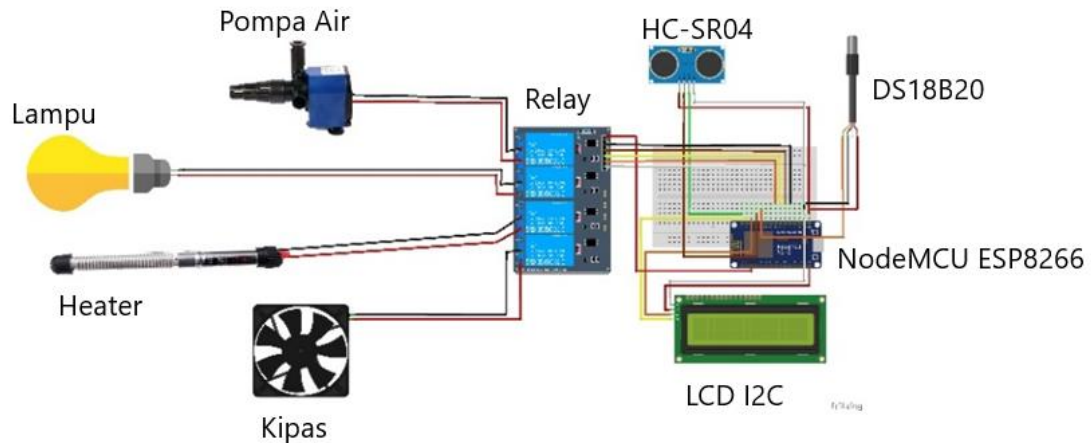
Telegram merupakan aplikasi *instant messaging* berbasis *cloud*. Telegram memungkinkan pengembang perangkat lunak untuk membuat bot. Bot di sini sebenarnya merupakan aplikasi dari pihak ketiga (*third-party application*) yang berjalan dalam aplikasi Telegram. Telegram menyediakan Telegram Bot *Application Programming Interface* (API) yang memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan bot dengan cara mengirimkan pesan kepada bot tersebut. Kontrol terhadap bot dilakukan menggunakan *HTTPS request* ke

Telegram Bot API. Pada sistem yang dirancang dalam penelitian ini, bot Telegram digunakan sebagai aplikasi untuk memantau dan mengontrol sistem (mengirim perintah ke sistem dan menerima notifikasi dari sistem).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan dan Implementasi Sistem

Skematik rangkaian perangkat keras yang dihasilkan pada tahap perancangan masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3. Komponen perangkat keras yang dihubungkan ke NodeMCU ESP8266 adalah LCD I2C 16x2, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu DS18B20, dan relay 4 channel, sedangkan pompa air, lampu, pemanas, dan kipas angin masing-masing dihubungkan ke setiap channel pada relay.



Gambar 3. Skematik rangkaian perangkat keras pada sistem

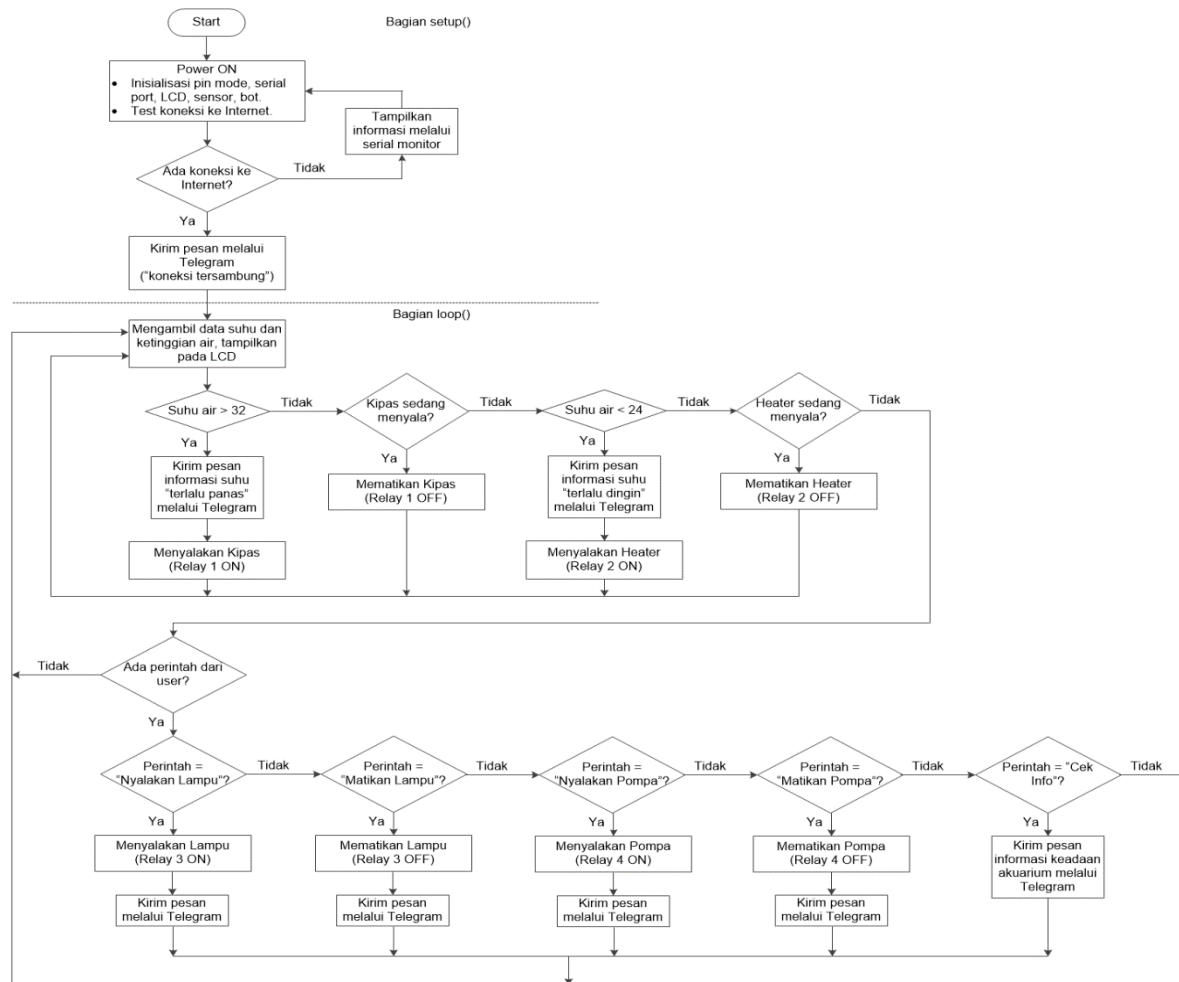
Pada rangkaian di atas, koneksi pin antara sensor HC-SR04, sensor DS18B20, LCD I2C, dan relay dengan board NodeMCU ESP8266 ditunjukkan pada Tabel 2. Untuk koneksi output pada relay, channel 1 sampai channel 4 masing-masing dihubungkan dengan kipas, heater, lampu, dan pompa air.

Tabel 2. Pin yang digunakan untuk koneksi

Komponen	Pin	Pin pada NodeMCU
HC-SR04	Vcc	3V3
	Trig	D3 (GPIO0)
	Echo	D0 (GPIO16)
	Gnd	GND
DS18B20	GND	GND
	VDD	3V3
	DQ	D4 (GPIO2)
LCD I2C	VCC	3V3
	GND	GND
	SCA	D2 (GPIO4/SCA)
	SCL	D1 (GPIO5/SCL)
Relay	IN1	D5 (GPIO14)
	IN2	D6 (GPIO12)
	IN3	D7 (GPIO13)
	IN4	D8 (GPIO15)
	GND	GND
	VCC	3V3

Gambar 4 menunjukkan diagram alir yang menggambarkan cara kerja dari sistem yang dirancang. Saat sistem dihidupkan (*power on*), Node MCU menginisialisasi semua pin yang digunakan dan memeriksa apakah sistem dapat terkoneksi atau mempunyai koneksi dengan Internet atau tidak. Jika dapat terkoneksi ke Internet, NodeMCU mengirimkan pesan ke bot telegram untuk memberikan informasi bahwa sistem telah terkoneksi dengan Internet. Selanjutnya, NodeMCU melakukan pembacaan atau mengambil data suhu dari sensor DS18B20 dan data ketinggian air dari sensor HC-SR04. Data ini kemudian diproses dan ditampilkan pada LCD. Pembacaan data suhu dari sensor DS18B20 menggunakan fungsi `requestTemperatures()` dan `getTempCByIndex()` dari library untuk sensor tersebut. Untuk pengukuran ketinggian air menggunakan sensor HC-SR04, suatu pulsa diberikan ke pin *trigger* dengan cara membuat pin tersebut dalam kondisi LOW, lalu HIGH, dan kemudian LOW lagi. Waktu yang dibutuhkan untuk menerima kembali gelombang suara melalui pin *echo* kemudian disimpan pada

suatu variabel (dalam kode program) dan digunakan untuk menghitung jarak dari sensor ke permukaan air di akuarium. Setelah membaca data dari sensor dan menampilkannya pada LCD, sistem akan melakukan aksi (misalnya, menyalakan/mematikan lampu atau pompa air) tergantung dari pembacaan nilai sensor atau perintah dari *user*. Jika pembacaan suhu air lebih besar dari 32°C, maka kipas akan diaktifkan, atau jika suhu air lebih kecil dari 24°C, maka *heater* akan diaktifkan. Jika suhu air pada akuarium telah sesuai dengan kondisi yang ditetapkan (24°C hingga 32°C), maka kipas dan *heater* akan dimatikan. Pada setiap aksi ini, bot telegram akan mengirimkan pesan pemberitahuan kepada *user* mengenai aksi yang dilakukan. Selain itu, *user* juga dapat mengirimkan perintah kepada bot telegram untuk menyalakan/mematikan lampu atau pompa. Pada sistem ini terdapat lima perintah yang dapat diberikan oleh *user* yaitu perintah untuk menyalakan/mematikan pompa (“nyalakan pompa”, “matikan pompa”), perintah untuk menyalakan/mematikan lampu (“nyalakan lampu”, “matikan lampu”), dan perintah untuk memeriksa kondisi suhu akuarium (“cek info”). Untuk setiap perintah yang diberikan ke sistem, sistem akan mengirimkan pesan konfirmasi kepada *user* mengenai aksi yang dilakukan.



Gambar 4. Diagram alir cara kerja sistem

Hasil implementasi perangkat keras sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada akuarium yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil implementasi perangkat keras (*hardware*)

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem diawali dengan menguji sensor yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan sistem dan memantau apakah sensor ultrasonik HC-SR04, dan sensor suhu DS18B20 bekerja sesuai fungsinya. Setelah memastikan bahwa kedua sensor tersebut bekerja dengan baik dan dapat menampilkan hasil pengukuran suhu dan ketinggian air pada akuarium, kemudian dilakukan pengujian bagian pemantauan dan kontrol melalui bot telegram dengan mengirimkan perintah yang telah ditentukan. Gambar 6 dan Gambar 7 masing-masing menunjukkan sensor HC-SR04, akuarium berisi air, penempatan sensor HC-SR04 pada akuarium, dan hasil pengujian pengukuran ketinggian air. Pengujian dilakukan pada sebuah akuarium dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 25 cm. Sensor HC-SR04 diletakkan pada ketinggian 25 cm sesuai dengan tinggi akuarium. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa sensor tersebut berhasil mengukur ketinggian air dengan menampilkan angka 10 cm pada LCD.



Gambar 6. Sensor HC-SR04 dan akuarium berisi air setinggi 10 cm untuk pengujian

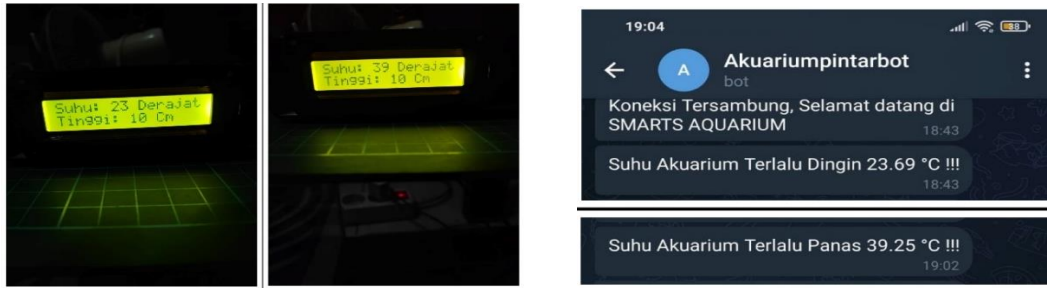


Gambar 7. Penempatan sensor HC-SR04 dan hasil pengukuran ketinggian air

Pengujian sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air ditunjukkan pada Gambar 8. Pengujian awal dilakukan dengan menempatkan sensor ke dalam dua gelas (untuk mensimulasikan akuarium sebelum sensor tersebut dicoba pada akuarium yang sebenarnya) masing-masing berisi air dingin dan air panas, dan kemudian mengamati respon dari sistem. Gambar 9 menunjukkan tampilan suhu pada LCD dan pesan (notifikasi) yang dikirimkan dari sistem ke bot Telegram jika suhu terlalu dingin atau suhu terlalu panas. Pengujian dengan beberapa nilai suhu yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengujian ini, jika suhu air lebih kecil dari 24°C, bot akan memberikan pesan bahwa air terlalu dingin dan selanjutnya sistem akan mengontrol *relay* pada *channel* 2 untuk menyalakan *heater*. Sebaliknya, jika suhu air lebih besar dari 32°C, bot akan memberikan pesan bahwa air terlalu panas dan sistem *relay* pada *channel* 4 untuk menyalakan kipas angin.



Gambar 8. Sensor DS18B20 dan pengujian menggunakan air panas dan air dingin



Gambar 9. Tampilan pada LCD dan notifikasi pada bot Telegram untuk suhu dingin dan suhu panas

Tabel 2. Hasil pengujian sensor DS18B20

Suhu Akuarium (°C)	Notifikasi (Bot Telegram)	Relay 1 (Kipas)	Relay 2 (Heater)	Kesimpulan
23.69 °C	Suhu Akuarium Terlalu Dingin 23.69 °C	OFF	ON	Valid
37.13 °C	Suhu Akuarium Terlalu Panas 37.13 °C	ON	OFF	Valid
23.56 °C	Suhu Akuarium Terlalu Dingin 23.56 °C	OFF	ON	Valid
39.25 °C	Suhu Akuarium Terlalu Panas 39.25 °C	ON	OFF	Valid
21.43 °C	Suhu Akuarium Terlalu Dingin 21.43 °C	OFF	ON	Valid
33.68 °C	Suhu Akuarium Terlalu Panas 33.68 °C	ON	OFF	Valid
26.74 °C	Suhu Akuarium Normal 26.74 °C	OFF	OFF	Valid

Setelah pengujian sensor HC-SR04, sensor DS18B20, *relay channel 1* (kipas), *relay channel 2* (*heater*), dan bot yang menerima pesan dari sistem mengenai suhu air pada akuarium, pengujian berikutnya bertujuan untuk menguji pengiriman perintah untuk menyalakan atau mematikan lampu yang terhubung dengan *relay channel 3*. Pada pengujian ini diberikan perintah “Nyalakan lampu” dan “Matikan lampu” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Masing-masing perintah ini akan direspon oleh sistem dengan mengontrol *relay channel 3* untuk menyalakan dan mematikan lampu, serta mengirimkan pesan untuk memberikan notifikasi bahwa lampu telah menyala atau lampu telah dimatikan. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian pengontrolan lampu. Berdasarkan hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa fungsi untuk menyalakan dan mematikan lampu berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian perintah untuk menyalakan dan mematikan pompa yang terhubung dengan *relay channel 4*. Pada pengujian ini diberikan perintah “Nyalakan pompa” dan “Matikan pompa” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Masing-masing perintah ini akan direspon oleh sistem dengan mengontrol *relay channel 4* untuk menyalakan dan mematikan pompa, serta mengirimkan pesan untuk memberikan notifikasi bahwa pompa telah menyala atau pompa telah dimatikan. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian pengontrolan pompa. Berdasarkan hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa fungsi untuk menyalakan dan mematikan pompa juga telah berfungsi sebagaimana mestinya.



Gambar 10. Perintah untuk menyalakan dan mematikan lampu

Tabel 3. Hasil pengujian untuk mengontrol lampu

Perintah (Bot Telegram)	Notifikasi (Bot Telegram)	Relay 3 (Lampu)	Kesimpulan
Nyalakan lampu	Lampu Menyala !!	ON	Valid
Matikan lampu	Lampu Mati !!	OFF	Valid



Gambar 11. Perintah untuk menyalakan dan mematikan pompa

Tabel 4. Hasil pengujian mengontrol pompa

Masukan Perintah (Bot Telegram)	Notifikasi (Bot Telegram)	Relay 4 (Pompa)	Kesimpulan
Nyalakan pompa	Pompa Menyala !!	ON	Valid
Matikan pompa	Pompa Mati !!	OFF	Valid

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem untuk memantau suhu dan ketinggian air pada suatu akuarium berbasis IoT. Bot Telegram digunakan sebagai alat untuk memberikan perintah kepada sistem dan memperoleh informasi mengenai kondisi akuarium. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang dilakukan, sistem dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Suhu air dan ketinggian air pada akuarium dapat terpantau karena sistem memberikan notifikasi jika nilainya telah melebihi batas atas atau kurang dari batas bawah yang telah ditetapkan. Selain itu, kipas dan *heater* berhasil diaktifkan untuk menyesuaikan suhu air. Lampu dan pompa air pada akuarium juga dapat diaktifkan dan dimatikan melalui perintah yang diberikan melalui bot Telegram. Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, dapat ditambahkan fitur kontrol untuk pemberian pakan ikan dan pengukuran kualitas air misalnya, kekeruhan air, pH air dan kandungan zat kimia seperti nitrit, ammonia, dan nitrat. Selain itu, dapat juga dikembangkan aplikasi berbasis Android sebagai alternatif atau pengganti dari bot Telegram yang digunakan untuk memberikan perintah pada sistem dalam penelitian ini. Penggunaan aplikasi Android dapat membuat sistem menjadi lebih interaktif dibandingkan dengan hanya menggunakan teks melalui bot Telegram sebagai perintah untuk memantau dan mengontrol sistem, serta dapat mengakomodasi lebih banyak fitur untuk memantau akuarium.

REFERENCES

- [1] M. Bagus and A. Rahman, "Sistem Kendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU," *Ubiquitous Comput. its Appl. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 99–104, Dec. 2019, doi: 10.51804/UCAIAJ.V2I2.99-104.
- [2] A. Budiman and Y. Ramdhani, "Pengontrolan Alat Elektronik menggunakan Modul NodeMCU ESP8266 dengan Aplikasi Blynk berbasis IoT," *eProsiding Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 68–74, 2021.
- [3] I. Santoso, M. F. Adiwisatra, B. K. Simpony, D. Supriadi, and D. S. Purnia, "Implementasi NodeMCU dalam Home Automation dengan Sistem Kontrol Aplikasi Blynk," *Swabumi (Suara Wawasan Sukabumi) Ilmu Komputer, Manajemen, dan Sos.*, vol. 9, no. 1, pp. 32–40, Apr. 2021, doi: 10.31294/SWABUMI.V9I1.10459.
- [4] M. Y. Efendi and J. E. Chandra, "Implementasi Internet of Things pada Sistem Kendali Lampu Rumah menggunakan Telegram Messenger Bot dan Nodemcu Esp 8266," *Glob. J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [5] N. Kaushik and T. Bagga, "Smart Cities Using IoT," 2021, doi: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596386.
- [6] M. Derawi, Y. Dalveren, and F. A. Cheikh, "Internet-of-Things-Based Smart Transportation Systems for Safer Roads," *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT2020 - Symp. Proc.*, Jun. 2020, doi: 10.1109/WF-IOT48130.2020.9221208.
- [7] S. Goyal and N. Batra, "SHMS: Smart Healthcare Monitoring System using Internet of Things," in *2021 2nd International Conference on Computational Methods in Science & Technology (ICCMST)*, Jun. 2021, pp. 41–44, doi: 10.1109/ICCMST54943.2021.00020.
- [8] C.-Y. Liu, T. Wellem, C.-C. Peng, M.-Y. Chen, and Y.-K. Lai, "IoT-based Control Application for Smart Home," in *2015 International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2015, pp. 42–45.
- [9] P. V. Ertyan, P. Pangaribuan, and A. S. Wibowo, "Sistem Monitoring dan Mengontrol Aquarium Dalam Pemeliharaan Ikan Hias Dari Jarak Jauh," in *eProceedings of Engineering*, 2019, pp. 3102–3108.
- [10] I. B. Prasetyo, A. A. Riadi, and A. A. Chamid, "Perancangan Smart Aquarium menggunakan Sensor Turbidity dan Sensor Ultrasonik pada Akuarium Ikan Air Tawar berbasis Arduino Uno," *J. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 193–200, Jul. 2021, doi: 10.24853/jurtek.13.2.193-200.
- [11] H. E. Putra, M. Jamil, and S. Lutfi, "Smart Aquarium berbasis IoT menggunakan Raspberry Pi 3," *J. Inform. dan Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 60–66, Oct. 2019, doi: 10.33387/JIKO.V2I2.1179.
- [12] Nurofik, S. Faisal, and S. A. P. Lestari, "Sistem Kendali Aquarium Pada Pemeliharaan Ikan Hias Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Algoritma Fuzzy Logic," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 121–132, 2021.
- [13] F. Tubliyansah and I. P. Sari, "Memantau dan mengontrol Suhu Aquarium Ikan Arwana berbasis IoT (Internet of Things) - Proyek Akhir Program D3," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2021.
- [14] A. Adrian, P. W. Ciptadi, and R. H. Hardyanto, "Sistem Monitoring Serta Kontrol Suhu dan pH pada Smart Aquarium menggunakan Teknologi Internet of Things," *Pros. Semin. Nas. Din. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 132–137, 2021.
- [15] K. Kurniawati, A. Noertjahyana, and H. Khoswanto, "Aplikasi Monitoring Aquarium untuk Mengurangi Tingkat Kematian dengan menggunakan Arduino," *J. Infra*, vol. 8, no. 1, pp. 318–321, 2020.
- [16] H. Z. Muttaqin, A. Faisol, and A. Wahid, "Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Monitoring dan Controlling PH Air Suhu Air dan Pemberian Pakan Ikan Guppy pada Aquarium menggunakan Aplikasi WhatsApp," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 276–284, Mar. 2022, doi: 10.36040/JATI.V6I1.4519.
- [17] R. Fernanda and T. Wellem, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemberi Pakan Ikan Otomatis berbasis IoT," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 9, no. 2, pp. 1261–1274, Jun. 2022, doi: 10.35957/JATISI.V9I2.2030.