

Design and Implementation of a Temperature Monitoring System, automatic lights and automatic feed in an IoT-based Ornamental Fish Aquarium

Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Suhu, lampu otomatis dan pakan otomatis pada Akuarium Ikan Hias berbasis IoT

Deniar Ferdianto¹, Budi Nur Said², Ryan Yunus³

Prodi Informatika Sekolah Tinggi Teknik Pati, Indonesia^{1,2,3}

e-mail: deniarferdianto9@gmail.com; budinursaid084@gmail.com, ryanyunus@sttp.ac.id

Abstract The use of the Internet of Things (IoT) has had a significant impact on various fields, including environmental monitoring and control systems and electronic devices. These applications include sensors, actuators, televisions, lights, and surveillance cameras. The concept of a smart home is one of the results of implementing IoT, where devices in the house are equipped with microcontrollers and WiFi modules to connect to the Internet and interact with each other. One interesting example of IoT application is in maintaining ornamental fish aquariums. Aquarium owners can monitor and control various aspects such as temperature, lights and feeding automatically. To achieve this, a study has been carried out with the aim of designing and implementing an IoT system to monitor temperature, control lights automatically, and provide automatic feeding in an aquarium. The hardware used in this system involves the NodeMCU ESP8266 as the main controller, a WiFi module to connect the system to the Internet, a DS18B20 temperature sensor, a servo motor to provide automatic feed, and a relay to turn on or turn off the equipment controlled by the system. As a user interface, Telegram bots are used to provide equipment control commands and receive notifications from the system. The test results show that the designed system can operate in accordance with the specified specifications. For example, if the water temperature in the aquarium is outside the desired range (24°C to 32°C), the system will automatically activate the fan or heater to adjust the water temperature as needed.

Keywords: Monitoring system; Aquarium; NodeMCU ESP8266; IoT; Telegram Bots.

Abstrak Penggunaan Internet of Things (IoT) telah membawa dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan serta perangkat elektronik. Aplikasi ini mencakup sensor, aktuator, televisi, lampu, dan kamera pengawas. Konsep rumah pintar atau smart home adalah salah satu hasil penerapan IoT, di mana perangkat-perangkat di dalam rumah dilengkapi dengan mikrokontroler dan modul WiFi untuk terhubung ke Internet dan saling berinteraksi. Salah satu contoh penerapan IoT yang menarik adalah pada pemeliharaan akuarium ikan hias. Pemilik akuarium dapat memantau dan mengendalikan berbagai aspek seperti suhu, lampu, dan pemberian pakan secara otomatis. Untuk mencapai hal ini, sebuah penelitian telah dilakukan dengan tujuan merancang dan mengimplementasikan sistem IoT untuk memantau suhu, mengontrol lampu secara otomatis, dan memberikan pakan otomatis pada sebuah akuarium. Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini melibatkan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, modul WiFi untuk menghubungkan sistem ke Internet, sensor suhu DS18B20, motor servo untuk memberikan pakan otomatis, dan relay untuk mengaktifkan atau mematikan peralatan yang dikontrol oleh sistem. Sebagai antarmuka pengguna, digunakan bot Telegram untuk memberikan perintah pengendalian peralatan dan menerima notifikasi dari sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Misalnya, jika suhu air di dalam akuarium berada di luar rentang yang diinginkan (24°C hingga 32°C), sistem secara otomatis akan mengaktifkan kipas atau heater untuk menyesuaikan suhu air sesuai kebutuhan.

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

PENDAHULUAN

Saat ini, Internet of Things (IoT) telah menjadi penggunaan umum dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam sistem atau aplikasi yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan mengontrol peralatan elektronik [1]–[4]. Beberapa perangkat, seperti sensor, aktuator, peralatan rumah tangga, dan kamera pengawas (CCTV), kini dilengkapi dengan mikrokontroler dan koneksi internet, memungkinkan interaksi antarperangkat atau antara perangkat dengan pengguna. Perangkat-perangkat tersebut dapat dikendalikan dari berbagai lokasi selama terhubung dengan internet. Perkembangan penggunaan Internet of Things (IoT) juga membawa munculnya ide dan konsep baru, seperti konsep kota pintar [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 (arwana), 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, menghidupkan lampu otomatis, dan dan memberi pakan otomatis pada suatu akuarium berbasis IoT. Sistem ini diimplementasikan menggunakan board NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama (main controller), sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air, motor servo untuk membuka dan menutup tempat pakan, dan empat buah relay untuk mengaktifkan dan mematikan peralatan lainnya yang dibutuhkan dalam pengontrolan dan pemantauan akuarium, seperti kipas angin, lampu, dan pemanas (heater). 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 (beta 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]. Pada sistem pemantauan dan kontrol akuarium yang dilengkapi pemberian pakan umumnya digunakan sebuah motor servo yang membuka dan menutup tempat pakan ikan.

Secara keseluruhan, tujuan utama dari sistem yang telah dirancang dan diterapkan dalam penelitian ini serupa dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Tujuan tersebut adalah untuk mengawasi kondisi akuarium dan mengendalikan berbagai peralatan pendukungnya guna memastikan bahwa lingkungan di dalam akuarium tetap sesuai dengan kebutuhan ikan yang sedang dipelihara. Parameter atau kondisi yang rutin diamati melibatkan suhu air, ketinggian air, pH air, tingkat kekeruhan air, dan sebagainya. Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya umumnya terletak pada jumlah parameter yang dimonitor dan jenis peralatan pendukung yang digunakan. Sistem yang diterapkan dalam penelitian ini, sebagai contoh, memonitor dua parameter, yaitu suhu air dan konsumsi pakan ikan, sementara juga mengendalikan tiga peralatan pendukung: kipas, pemanas (*heater*), dan lampu.

METODE PENELITIAN

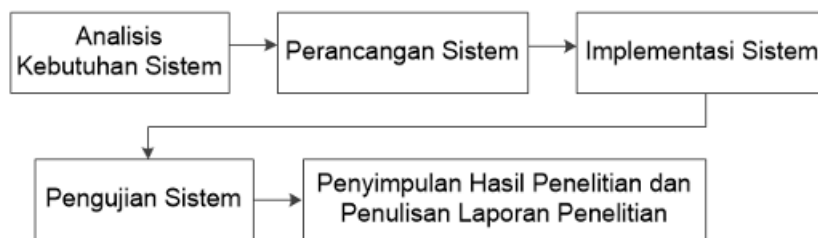
1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam menjalankan penelitian untuk merancang serta menerapkan sistem pemantauan suhu dan ketinggian air pada akuarium ikan hias berbasis Internet of Things (IoT) dapat dilihat dalam Gambar 1 dan dapat diuraikan sebagai berikut: Prosedur perlu dijabarkan menurut tipe penelitiannya. Bagaimana penelitian dilakukan dan data akan diperoleh, perlu diuraikan dalam bagian ini:

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

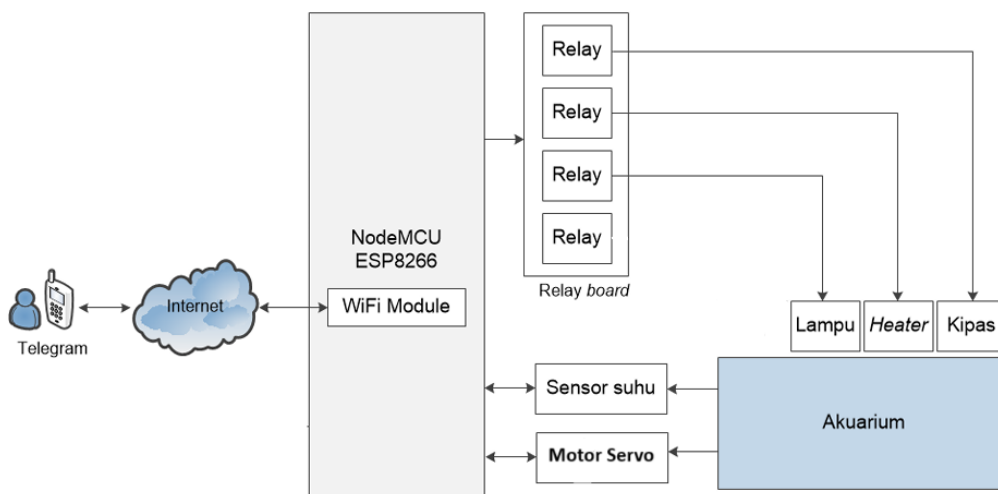
sistem yang dapat diuji fungsionalitasnya pada tahap berikutnya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan implementasi kode program untuk NodeMCU ESP8266 (menggunakan software Arduino IDE).

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.



Gambar 2. Diagram blok Sistem

2. Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa komponen untuk mengimplementasikan perangkat keras dari sistem pemantauan suhu dan pakan ikan pada akuarium, yaitu NodeMCU ESP8266, sensor suhu DS18B20, Motor Servo, 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 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu antara -10°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$. 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. Mikro Servo

Micro Servo SG90 merupakan jenis motor servo kecil yang sering digunakan dalam berbagai proyek elektronika, seperti robotika, model pesawat terbang mini, mainan, dan berbagai aplikasi lainnya. SG90 sering disebut sebagai servo "micro" karena ukurannya yang kecil dan ringan. SG90 umumnya digunakan untuk mengendalikan pergerakan mekanis dalam skala kecil dan medium. Contoh penggunaan melibatkan pengendalian pergerakan tangan robot, sayap pesawat mini, atau mekanisme pintu otomatis pada model bangunan miniatur.

4. 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 lampu, pemanas (heater), serta kipas angin DC 12V.

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.

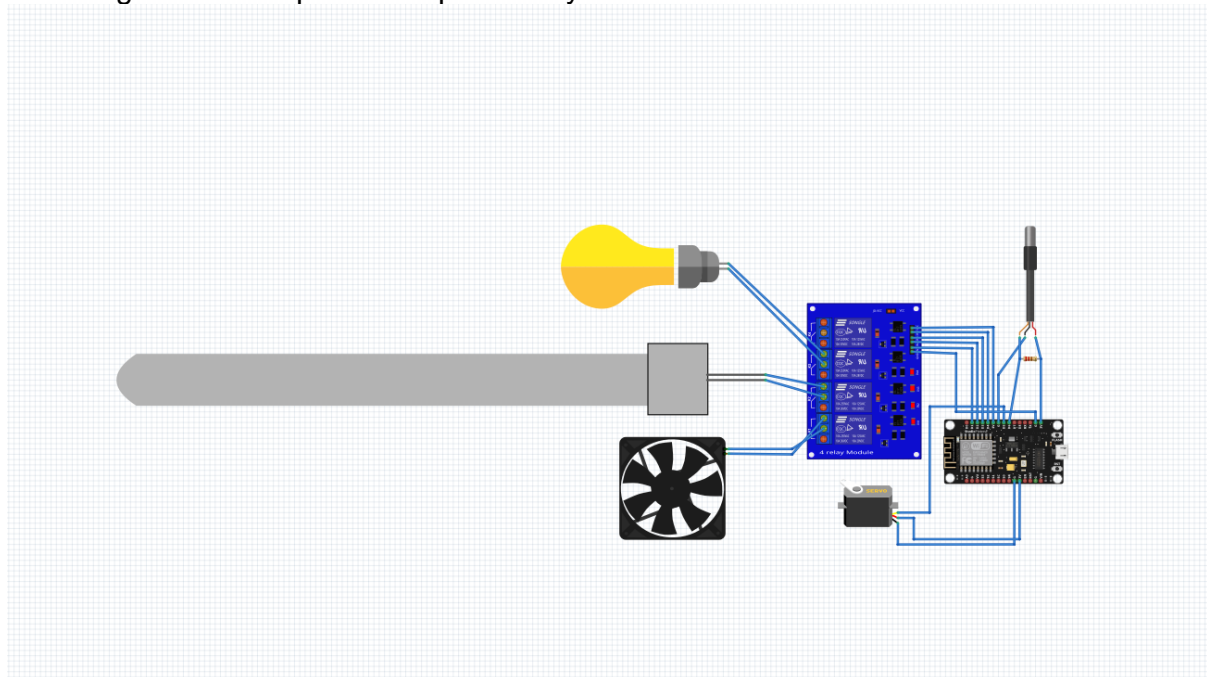
3. Telegram dan Bot Telegram

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).

HASIL DAN PEMBAHASAN

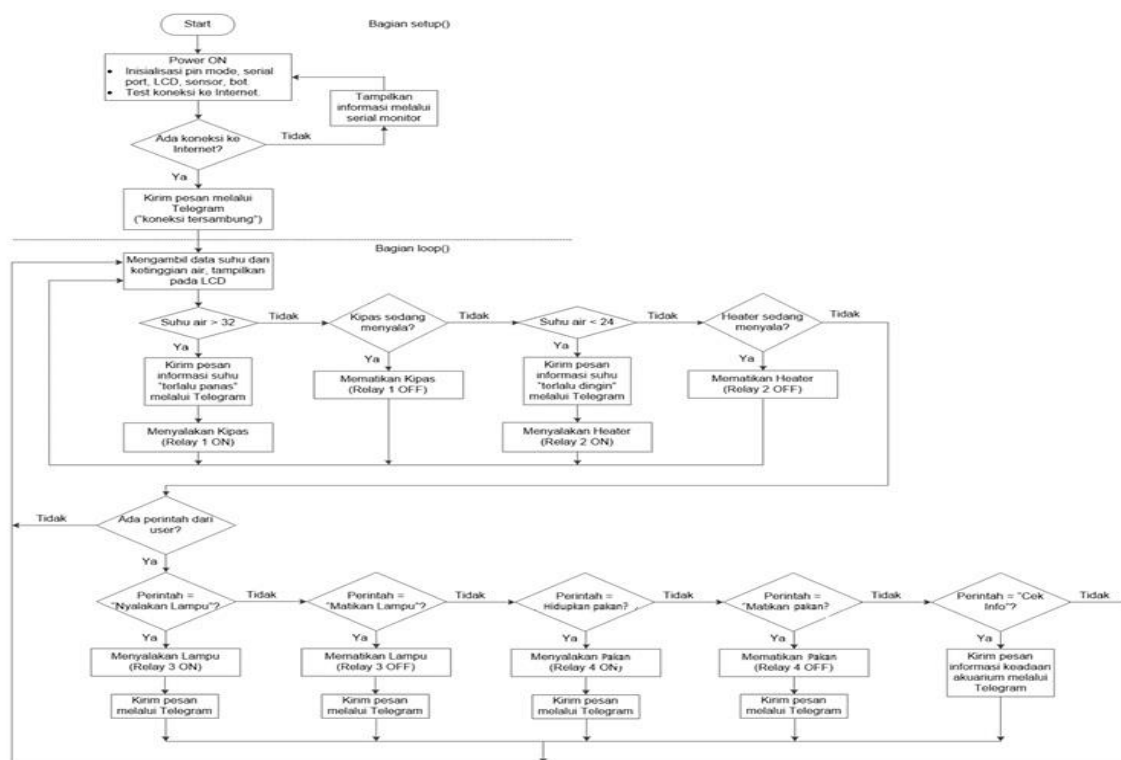
1. Perancangan dan Implementasi Sistem

Skematik rangkaian perangkat keras yang dihasilkan pada tahap perancangan masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3. Komponen perangkat keras yang dihubungkan ke NodeMCU ESP8266 adalah Motor Servo, sensor suhu DS18B20, dan relay 4 channel, sedangkan lampu, pemanas, dan kipas angin masing-masing dihubungkan ke setiap channel pada relay.



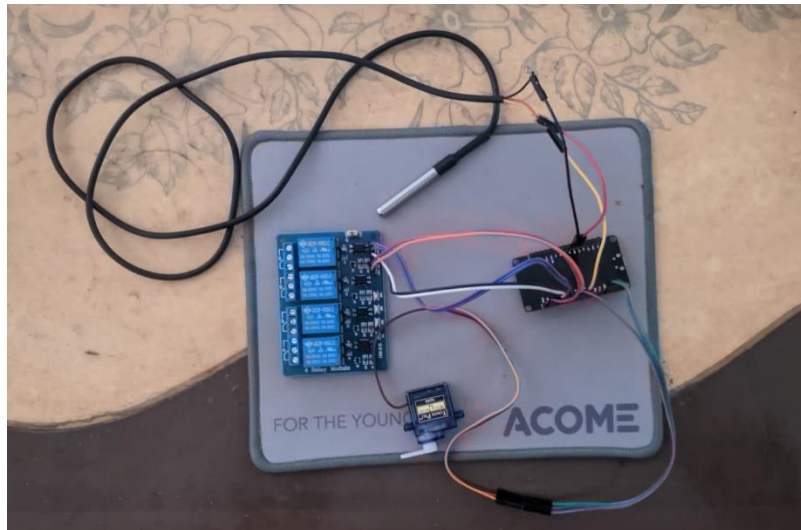
Gambar 3. Skematik rangkaian perangkat keras pada sistem

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. Data ini kemudian diproses dan dikirimkan ke pengguna. 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. Selain itu, user juga dapat mengirimkan perintah kepada bot telegram untuk menyalakan/mematikan lampu atau Motor servo. Pada sistem ini terdapat lima perintah yang dapat diberikan oleh user yaitu perintah untuk menyalakan Motor Servo (“feed”), perintah untuk menyalakan/mematikan lampu (“lampu_on”, “lampu_off”), dan perintah untuk memeriksa kondisi suhu akuarium (“status”). 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

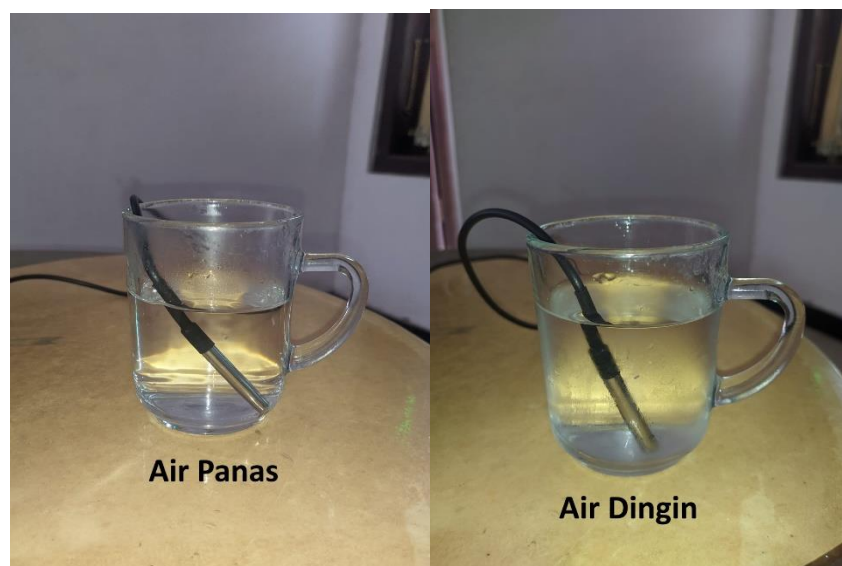
Hasil implementasi perangkat keras sistem pemantauan suhu dan pakan otomatis pada akuarium yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



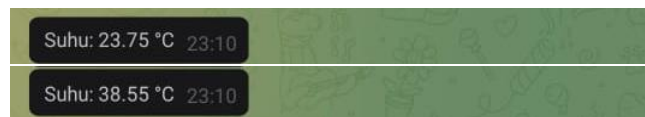
Gambar 5. Hasil implementasi perangkat keras (hardware)

2. Pengujian Sistem

Pengujian sensor DS18B220 untuk mengukur suhu air ditunjukkan pada Gambar 6. 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 7 pesan (notifikasi) yang dikirimkan dari sistem ke bot Telegram jika suhu terlalu dingin atau suhu terlalu panas. Pengujian dengan beberapa nilai suhu yang berbeda, 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 6. Pengujian menggunakan air panas dan air dingin

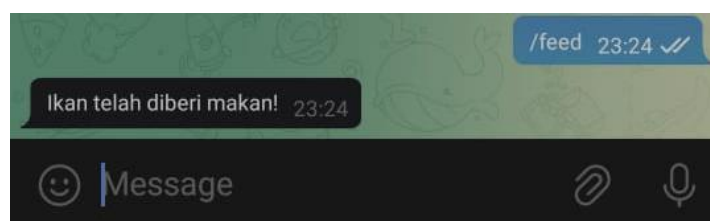


Gambar 7. Notifikasi pada bot Telegram untuk suhu dingin dan suhu panas

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 8. 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. Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian perintah untuk menyalakan motor servo pada pengujian ini diberikan perintah "feed" seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Perintah ini akan direspon oleh sistem dengan mengontrol motor servo, serta mengirimkan pesan untuk memberikan notifikasi bahwa motor servo telah menyala.



Gambar 8. Perintah untuk menyalakan dan mematikan lampu



Gambar 9. Perintah untuk memberi makan atau menghidupkan motor servo

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem untuk memantau suhu, lampu otomatis dan pakan otomatis 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 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 motor servo pada akuarium juga dapat diaktifkan dan dimatikan melalui perintah yang diberikan melalui bot Telegram. Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, dapat ditambahkan fitur kontrol untuk pengukuran ketinggian air 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Y. Efendi, "IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM KENDALI LAMPU RUMAH MENGGUNAKAN TELEGRAM MESSENGER BOT DAN NODEMCU ESP 8266 SKRIPSI Oleh," 2019.
- [2] A. Budiman and Y. Ramdhani, "PENGONTROLAN ALAT ELEKTRONIK MENGGUNAKAN MODUL NODEMCU ESP8266 DENGAN APLIKASI BLYNK BERBASIS IOT," 2021.
- [3] M. Bagus and A. Rahman, "SISTEM KENDALI PERALATAN ELEKTRONIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN NODEMCU," *Ubiquitous: Computers and its Applications Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 99–104, 2019.
- [4] I. Santoso, M. Farid Adiwisastro, B. Kelana Simpony, D. Supriadi, and D. Silvi Purnia, "32~40 Diterima Februari 10," *JURNAL SWABUMI*, vol. 9, no. 1, p. 2021, 2021.
- [5] A. Kaushik and N. Jain, "An Approach for Improving Transparency and Traceability of Industrial Supply Chain with Block chain Technology," in *CITISIA 2021 - IEEE Conference on Innovative Technologies in Intelligent System and Industrial Application, Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/CITISIA53721.2021.9719941.
- [6] A. Thakur, R. Malekian, and D. C. Bogatinoska, "Internet of Things Based Solutions for Road Safety and Traffic Management in Intelligent Transportation Systems," in *Communications in Computer and Information Science*, Springer Verlag, 2017, pp. 47–56. doi: 10.1007/978-3-319-67597-8_5.
- [7] I. A. Kandhro, F. Ali, S. N. Ashraf, M. A. Aleem, R. A. Hassan, and A. Abbas, "Smart Health Monitoring System (SHMS) an Enabling Technology for Patient Care," *J Pharm Res Int*, pp. 19–30, Mar. 2022, doi: 10.9734/jpri/2022/v34i27a35990.
- [8] P. Wijaya and T. Wellem, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Suhu dan Ketinggian Air pada Akuarium Ikan Hias berbasis IoT," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 4, no. 1, p. 225, Oct. 2022, doi: 10.30865/json.v4i1.4539.
- [9] P. Veronica Ertyan, P. Pangaribuan, and A. Surya Wibowo, "SISTEM MONITORING DAN MENGONTROL AQUARIUM DALAM PEMELIHARAAN IKAN HIAS DARI JARAK JAUH (SYSTEM MONITORING AND CONTROLLING THE AQUARIUM IN THE MAINTENANCE FISH FROM A DISTANCE)."

- [10] S. Faisal and S. Arum Puspita Lestari, "Sistem Kendali Akuarium Pada Pemeliharaan Ikan Hias Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Algoritma Fuzzy Logic," vol. II, no. 1, 2021.
- [11] 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: 10.33387/jiko.
- [12] "artikel 10".
- [13] "MEMANTAU DAN MENGONTROL SUHU AKUARIUM IKAN ARWANA BERBASIS IoT (Internet of Things)."
- [14] K. Kurniawati, A. Noertjahyana, and H. Khoswanto, "Aplikasi Monitoring Aquarium untuk Mengurangi Tingkat Kematian dengan Menggunakan Arduino."
- [15] A. Adrian, P. W. Ciptadi, and R. H. Hardyanto, "Sistem Monitoring Serta Kontrol Suhu dan pH Pada Smart Aquarium Menggunakan Teknologi Internet of Things."
- [16] H. Z. Muttaqin, A. Faisal, and A. Wahid, "JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)."