

Developing Fishpond Control System for School Natural Laboratory Automation

Danny Sebastian^{1*)}, Dian Widiyanto Chandra², Sutarto Wijono³, Sri Yulianto Joko Prasetyo⁴, Suryasatriya Trihandaru⁵, Laurentius Kuncoro Probo Saputra⁶

^{1,6}Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta

²Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

^{3,4,5}Doktor Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

^{1,6}Jln. Dr Wahidin Sudirohusodo No 5-25, Yogyakarta, 55224, Indonesia

^{2,3,4,5}Jl. Dr. O. Notohamidjojo No.1-10, Salatiga, Indonesia

email: ¹danny.sebastian@staff.ukdw.ac.id, ²dian.chandra@uksw.edu, ³sutarto.wijono@uksw.edu, ⁴sri.yulianto@uksw.edu, ⁵suryasatriya@uksw.edu, ⁶kuncoro@staff.ukdw.ac.id

Abstract – The Covid-19 pandemic forces learning activities to be carried out online. Schools try to carry out activities offline by limiting the number of students or by carrying out activities in natural laboratories. Managing natural laboratories costs a lot of money. Internet of Things is a technology that enables remote control and automation. This allows the management of nature laboratories to be carried out remotely or automatically. This study aims to create an IoT design and system that includes determining the basic modules and functions, determining the sensor and actuator devices needed. The system is built using the MQTT architecture. An Android application is made to control IoT peripherals. The system that has been constructed successfully is tested using the blackbox testing method. Based on the results of blackbox testing, Android applications and IoT peripherals can communicate and function properly. This research still has a limitation, namely needing to have done IoT peripheral calibration and testing the IoT hardware long periode of time.

Abstrak – Pandemi Covid-19 memaksa kegiatan belajar dilakukan secara daring. Sekolah berusaha melakukan kegiatan secara luring dengan membatasi jumlah siswa atau dengan melaksanakan kegiatan di laboratorium alam. Mengelola laboratorium alam membutuhkan banyak biaya terutama pada kondisi pasca covid-19. *Internet of Things* adalah teknologi yang memungkinkan kendali jarak jauh dan otomatisasi. Hal ini memungkinkan pengelolaan laboratorium alam dilakukan dari jarak jauh atau secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain dan sistem IoT yang meliputi penentuan modul dasar dan fungsinya, penentuan perangkat sensor dan aktuator yang dibutuhkan. Sistem dibangun menggunakan arsitektur MQTT. Aplikasi Android dibuat untuk mengontrol perifer IoT. Sistem yang telah berhasil dibangun diuji dengan metode *blackbox testing*. Berdasarkan hasil *blackbox testing*, aplikasi Android dan perifer IoT dapat berkomunikasi dan berfungsi dengan baik. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan yaitu perlu dilakukannya kalibrasi perangkat IoT dan pengujian perangkat keras IoT dalam jangka waktu yang lama.

Kata Kunci – internet of things, laboratorium alam, otomatisasi kolam ikan

*) penulis korespondensi: Danny Sebastian
Email: danny.sebastian@staff.ukdw.ac.id

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2020-2021 pandemi Covid-19 memaksa banyak kegiatan dilakukan secara daring, termasuk kegiatan belajar mengajar [1, 2, 3]. Kegiatan belajar mengajar yang dulu dilakukan secara tatap muka di sekolah kini dilakukan dengan menggunakan perangkat digital. Hal ini mempengaruhi efektifitas kegiatan belajar mengajar dan pengaruh hubungan sosial pada siswa [1]. Bagi siswa, terdapat beberapa permasalahan dalam kegiatan belajar mengajar *online*, seperti permasalahan jaringan *internet*, permasalahan jumlah tugas yang berlebih, dan lain sebagainya [4, 5]. Sebagian besar siswa memilih pembelajaran *offline* di kelas tatap muka dibandingkan dengan *online* [5]. Pembelajaran daring juga memaksa penggunaan ponsel setiap hari, yang berdampak negatif pada karakter anak, seperti anak menjadi individualis, malas belajar, dan memiliki sedikit teman [6, 7]. Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak sekolah yang mencoba melakukan pembelajaran tatap muka atau luring dengan berbagai strategi, seperti membatasi/menjadwalkan jumlah siswa yang hadir [8] dan pembelajaran di ruang terbuka [9] untuk mengurangi penularan virus. Virus covid-19. Hampir semua sekolah yang telah menerapkan pembelajaran luring menerapkan metode penjadwalan untuk membatasi jumlah siswa yang hadir. Namun, tidak semua sekolah menerapkan pembelajaran di ruang terbuka. Hal ini disebabkan beberapa keterbatasan sekolah, seperti keterbatasan lahan terbuka dan mahalnya biaya pengelolaan lahan terbuka. Pada umumnya laboratorium alam menyediakan fasilitas pembelajaran seperti taman biologi, kolam ikan, dan lahan kosong untuk kegiatan alam lainnya.

Selain itu dampak lain dari pandemi Covid-19 adalah penurunan daya beli dan ekonomi [10, 11]. Hal ini tentunya juga dialami oleh sekolah. Sekolah harus mengeluarkan biaya tambahan untuk memberikan subsidi kredit guru dan siswa atau paket data. Sementara itu, sekolah masih perlu mengeluarkan biaya untuk pemeliharaan fasilitas sekolah. Salah satu fasilitas sekolah yang membutuhkan banyak biaya adalah laboratorium alam. Beberapa biaya yang diperlukan dalam pengelolaan laboratorium alam adalah biaya pengolahan limbah, biaya pemeliharaan taman hayati, biaya pemeliharaan kolam ikan dan hewan, dan lain sebagainya [12]. Hal ini

menyebabkan masalah ekonomi selama pandemi Covid-19. Salah satu cara untuk mengurangi biaya adalah dengan menggunakan teknologi. Salah satu teknologi yang telah dikembangkan untuk menekan biaya adalah *Internet of Things* yang memungkinkan otomatisasi [13].

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Internet of Things atau IoT adalah sebuah paradigma dalam teknologi informasi dimana semua objek seperti *controller*, *sensor*, dan *actuator*, dapat berkomunikasi melalui jaringan *internet* [13]. Ada 3 komponen utama sistem IoT, yaitu aplikasi pengontrol, *middleware* dan *gateway*, dan perangkat IoT. Aplikasi pengontrol IoT dapat berupa aplikasi seluler, aplikasi situs *webite*, atau aplikasi *desktop*. Aplikasi harus dapat berkomunikasi dengan perangkat *middleware* dan *gateway* melalui jaringan. Perintah dari aplikasi akan diproses dan diteruskan ke perangkat IoT di lapangan. Saat ini, paradigma IoT digunakan untuk melakukan kontrol jarak jauh atau otomatis. Beberapa area yang sudah menggunakan IoT adalah *smart home* [14, 15], transportasi [16, 17], pertanian [18, 19, 20], perawatan kesehatan [21], dan lain-lain. Sistem IoT menggunakan perangkat komputer yang memiliki daya komputasi dan konsumsi daya yang rendah. Ini membuat biaya perangkat IoT lebih terjangkau dan memungkinkan pertumbuhan jumlah perangkat digital yang terhubung ke *Internet*.

Manfaat paling sederhana dari teknologi IoT adalah mengontrol perangkat dari jarak jauh dan melakukan otomatisasi. Perangkat IoT telah dibangun untuk melakukan efisiensi dan memudahkan kendali jarak jauh *Air Conditioner* (AC) di gedung perkantoran [22, 14]. Modul *Wireless Infra-Red* (IR) ditambahkan ke perangkat AC konvensional untuk menerima perintah melalui *Internet*. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah beberapa perangkat AC konvensional di beberapa ruangan dapat dipesan secara jarak jauh menggunakan perangkat komputer dan perangkat *smartphone*. Perangkat yang digunakan sebagai kontrol penerima perintah adalah NodeMCU ESP8266. Dalam hal ini, *smartphone* dan komputer digunakan sebagai pemicu yang memerintahkan perangkat IoT AC melalui *Internet*. IoT untuk kendali jarak jauh juga telah digunakan untuk irigasi sawah [23]. Alat yang dibangun merupakan prototipe untuk mensimulasikan irigasi sawah. Pada alat tersebut terdapat sensor yang digunakan untuk mengukur ketinggian air. Data ketinggian air dikirim ke perangkat Android untuk dipertimbangkan oleh pengguna saat membuka atau menutup pintu air. Di bidang pertanian, sensor IoT digunakan untuk pengumpulan data dan pemantauan jarak jauh [24]. Sensor yang digunakan antara lain sensor CO₂, sensor kelembaban, sensor cahaya, dan sensor suhu. Pemantauan jarak jauh yang dibangun dilakukan melalui Jaringan Area Lokal atau LAN.

Salah satu masalah IoT adalah kurangnya sumber daya komputasi pada perangkat IoT. Sehingga peran peran perangkat IoT adalah pengumpulan dan eksekusi data, sedangkan pemicunya adalah manusia. Namun, perangkat IoT mampu menangani komputasi sederhana untuk mendukung otomatisasi true-false. Seperti di FishTalk adalah sistem akuarium mini berbasis IoT [25]. Beberapa fitur yang dikembangkan pada FishTalk memiliki kemampuan untuk menjalankan perintah secara otomatis, seperti lampu yang

otomatis menyala saat akuarium gelap/intensitas terang berada pada level tertentu dan alat pemberi makan ikan otomatis berdasarkan periode. Fitur-fitur ini dipicu oleh sensor cahaya dan sensor waktu/pencatat waktu. Selain FishTalk, akuarium pintar juga telah dikembangkan dengan produk aquaponik pintar [26]. Smart aquaponik menerapkan sensor kerapatan air sebagai penentu pemicu otomatis saat menghidupkan pompa air. Implementasi sensor ketinggian air digunakan pada sistem smart garden untuk mengotomatisasi pengisian tangki air [27]. Ada berbagai sensor yang tersedia untuk perangkat IoT, seperti kamera, sensor kelembaban, kelembaban tanah, sensor cahaya, sensor gyro, dan lainnya. Sensor-sensor ini dapat digabungkan untuk saling melengkapi dan mengumpulkan data lapangan yang lengkap bagi pengguna.

Sistem berbasis IoT memiliki beberapa masalah, antara lain keselamatan, keamanan, komunikasi, dan daya/energi [28, 29]. Keselamatan adalah masalah keamanan saat perangkat IoT digunakan. Keamanan menjadi masalah bagi peretas atau pihak luar yang ingin menyabotase sistem IoT. Masalah keamanan juga mencakup keamanan dari perspektif digital dan fisik. Contoh masalah keamanan digital adalah terganggunya komunikasi data antara server dan perangkat IoT. Sebaliknya, masalah keamanan fisik adalah gangguan perangkat IoT oleh pihak eksternal. Masalah komunikasi atau jaringan dapat diartikan sebagai masalah yang muncul saat melakukan akses kendali jarak jauh ke perangkat IoT. Dan permasalahan yang paling mendasar dari sistem IoT adalah keterbatasan energi listrik. Perangkat IoT umumnya ditempatkan di area yang memiliki keterbatasan listrik dan jaringan [30]. Dengan keterbatasan jaringan, perangkat IoT dapat dikelola menggunakan penjadwal atau logika sederhana antara *sensor* dan *actuator*. Sedangkan perangkat IoT tidak akan bisa berfungsi tanpa *energi* listrik. Dalam mengembangkan perangkat IoT, diperlukan perhitungan penggunaan energi listrik yang tepat dan dilengkapi dengan rencana cadangan seperti baterai.

Berdasarkan observasi awal ke SMA swasta di Yogyakarta yang menjadi obyek penelitian, laboratorium alam sekolah terdiri dari kolam ikan dan taman biologi. Penanganan terhadap kebun biologi relatif lebih sulit dibandingkan menangani kolam ikan. Banyaknya varietas tanaman yang ada di kebun biologi menuntut penanganan yang sangat beragam. Hal ini berbeda dengan penanganan pada kolam ikan. Oleh karena itu, penelitian ini dibatasi pada otomatisasi penanganan kolam ikan pada laboratorium alam sekolah menggunakan perangkat IoT.

III. METODE PENELITIAN

A. IoT Features & Peripherals

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian Pendahuluan, penelitian ini dibatasi pada otomatisasi kolam ikan di laboratorium alam. Namun desain arsitekturnya akan disesuaikan untuk memudahkan pengembangan lebih lanjut, yaitu fitur otomasi kebun biologi. Ada 2 daftar modul utama yaitu pengelolaan kolam ikan dan pengendalian jarak jauh. Fitur kendali jarak jauh ini akan digunakan secara bersamaan dengan fitur lainnya dalam pengembangan lebih lanjut. Kendali jarak jauh ini digunakan untuk menjembatani fitur pada perangkat IoT di lapangan dengan server. Modul pengelolaan kolam ikan memiliki 3 fitur yaitu *food feeder*,

temperature monitor, water monitor, light control, dan area control. Daftar manfaat dari ketiga modul utama tersebut dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
DAFTAR MODUL, FITUR, DAN KEGUNAAN

No	Modul	Fitur	Kegunaan
A	Pengelolaan kolam ikan	Food feeder (1-A)	Memberi makan ikan berdasarkan jadwal atau menggunakan kontrol jarak jauh
B		Water monitor (1-B)	Melakukan pemantauan terhadap kondisi air. Temperatur air, tingkat PH, ketinggian air.
C		Area control (1-C)	Menggunakan kamera untuk melihat kondisi disekitar kolam ikan, menyalakan lampu di sekitar kolam ikan.
A	Kendali jarak jauh	Monitoring (2-A)	Melakukan pemantauan secara visual dan data melalui dashboard yang sudah terintegrasi dengan perangkat IoT.
B		Trigger (2-B)	Memberikan perintah kepada actuators tanpa menunggu perintah dari sensor.
C		Scheduler (2-C)	Melakukan penjadwalan.

Perangkat yang digunakan adalah NodeMCU ESP32-Cam, beberapa sensor, dan beberapa actuator. Ada 4 jenis sensor yang dibutuhkan yaitu transducer pengukur jarak ultrasonik, sensor cahaya LDR, pH meter, thermostat, dan kamera. Sedangkan actuator yang dibutuhkan ada 2 jenis yaitu motor servo dan katup elektrik. Daftar sensor dan actuator dapat dilihat pada Tabel II dan Tabel III. Perangkat IoT dirakit dan dipasang dalam casing berbahan akrilik. Gbr 1 menunjukkan perangkat IoT yang telah dipasang di casing akrilik.



Gbr 1. Fishpond IoT peripheral

TABEL II
DAFTAR SENSOR PERANGKAT IoT

Sensor	Module	Usages	Seri/Code
Ultrasonic Distance Measuring Transducer Sensor	1-A	Measure the height of the fish food	HC-SR04
	1-B	Measure the pool water level	HC-SR04
LDR Light Sensor	1-C	Measure the lighting conditions of the pool area into 3 categories: dark, medium, light	
pH Meter	1-B	Measure the level of acidity of water (pH)	Analog pH Sensor DFROBOT
Thermostats	1-B	Measure pool water temperature	DS18B20

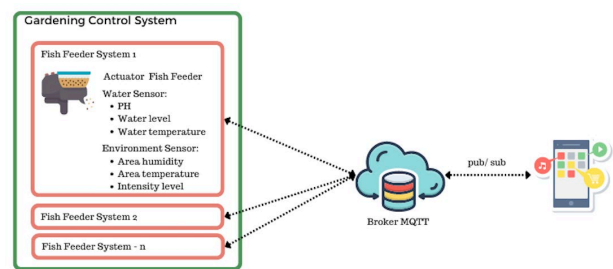
Sensor	Module	Usages	Seri/Code
	1-C	Measure the air temperature and humidity around the pond	DHT11
Camera	1-C	Get pictures around the fish pond	

TABEL III
DAFTAR ACTUATOR PERANGKAT IoT

Actuators	Module	Usages	Seri/Code
Motor Servo	1-A	It opens the fish food channel	MG996
Electric valve	1-B	Opening the water channel to increase the pool water level	Solenoid 12V DC

B. System Development

Arsitektur sistem dibangun seperti pada Gbr 2. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian dalam implementasinya: klien Aplikasi Android, klien Perangkat kolam ikan, dan Server Broker. Protokol komunikasi antara klien, yang terdiri dari perangkat kolam ikan, dan Aplikasi Android mengimplementasikan protokol MQTT. Protokol MQTT menyediakan fasilitas komunikasi ringan antar perangkat melalui server MQTT Broker Fishpond. Aplikasi Android menggunakan topik seperti pada Tabel IV untuk mengirimkan data. Arsitektur MQTT ini dibuat untuk menangani jika seorang pengguna aplikasi Android memiliki lebih dari satu perangkat kolam ikan. Setiap perangkat kolam ikan akan diberi nomor ID sebagai penanda. Perangkat ID pada perangkat kolam ikan akan didaftarkan pada aplikasi Android sehingga aplikasi Android dapat menerima data yang dipublikasikan oleh perangkat kolam ikan. Setelah perangkat Fishpond ID didaftarkan, aplikasi Android akan secara otomatis melakukan subscribe topik seperti pada konfigurasi sesuai Tabel IV.



Gbr 2. Fishpond application architecture

Sebagai sumber data yang diperoleh dari beberapa perangkat sensor yang terhubung dengan perangkat kolam ikan, perangkat kolam ikan ini akan secara berkala mem-publish data sensor ke topik yang telah dikonfigurasi, seperti terlihat pada Tabel IV.

TABEL IV
DAFTAR PUBLISHED TOPIC DAN CLIENT

Topic	Data	Sensor
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/food/capacity/	Fish Food	Capacity
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/food/time/recv/		Feeding Time

<dev_ID>/kolamIkan/sensor/food/aut o/recv/		Feeding Auto
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/water/ph /	Water Condition	pH
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/water/te mp/		Temperature
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/water/le vel/		Level
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/env/tem p/	Environment Condition	Temperature
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/env/ligh t/		Light
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/env/hu mid/		Humidity
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/env/pho to/recv/		Photo
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/food/tim e/req/	Fish Food	Feeding Time
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/food/aut o/req/		Feeding Auto
<dev_ID>/kolamIkan/sensor/env/pho to/req/	Environment Condition	Photo

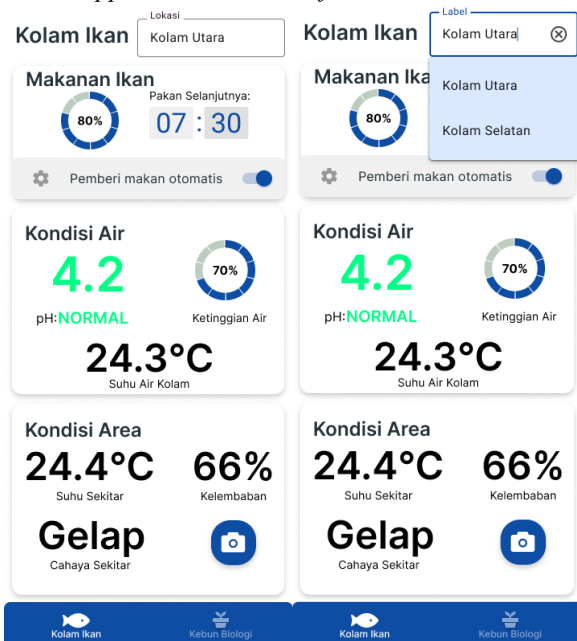
C. Blackbox Testing

Blackbox testing dilakukan untuk memastikan perangkat dan aplikasi IoT dapat terintegrasi dan berfungsi sebagaimana mestinya. Blackbox testing tidak menguji seberapa tepat setiap data ditampilkan. Proses kalibrasi masih perlu dilakukan untuk menyesuaikan akurasi perangkat IoT dan data di dashboard. Blackbox testing dilakukan berdasarkan skenario pengujian, dan skenario pengujian harus mencakup semua proses yang ada. Beberapa poin untuk menentukan skenario blackbox testing:

- Mengubah/memilih lokasi kolam ikan.
- Mengukur jumlah pakan ikan dan jumlah air kolam ikan.
- Menguji fitur pengumpanan ikan otomatis.
- Ukur suhu dan kelembapan kolam.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mobile Application User Interface

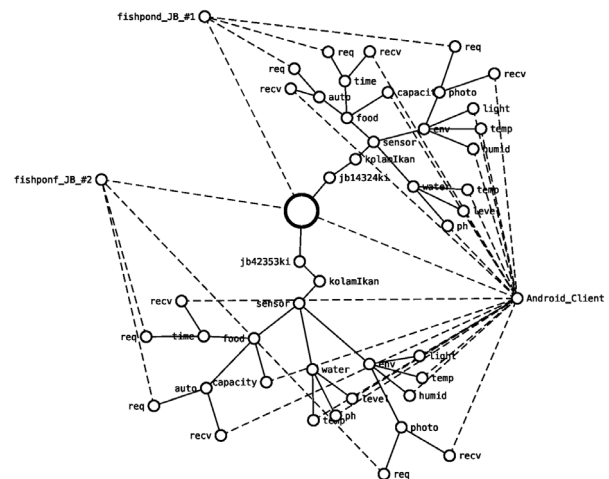


Gbr 3. Antarmuka aplikasi IoT Kolam Ikan

Aplikasi seluler dikembangkan menggunakan Android. Saat ini aplikasi mobile hanya terdiri dari 1 halaman yaitu dashboard “Kolam Ikan” (Gbr 3). Halaman ini memiliki 3 bagian. Bagian pertama adalah pengumpanan ikan. Bagian ini menunjukkan jumlah pakan ikan yang masih tersedia dan jadwalnya. Bagian kedua adalah kondisi air. Bagian ini menampilkan kondisi pH air, ketinggian air, dan suhu air kolam. Bagian ketiga adalah area kondisi. Bagian ini menampilkan suhu sekitar, kelembapan, kondisi pencahayaan sekitar, dan tombol kamera.

B. MQTT Application Architecture

Gbr 4 menunjukkan simulasi hirarki topik mqtt antara mqtt client dan broker. Simulasi menampilkan perangkat kolam ikan lebih dari 1 perangkat dengan 1 klien aplikasi Android. Protokol komunikasi mqtt menunjukkan semua klien berkomunikasi dengan broker. Klien MQTT dikelompokkan menjadi 2 kategori, (1) perangkat klien kolam ikan, (2) perangkat klien Aplikasi Android. Garis putus-putus yang menghubungkan klien ke topik menunjukkan bahwa klien berlangganan.



Gbr 4. Simulasi MQTT Topic and Client Device Protocol

C. Blackbox Testing

Blackbox testing dilakukan untuk memastikan perangkat dan aplikasi IoT dapat terintegrasi dan berfungsi sebagaimana mestinya. Skenario ke-0 merupakan skenario pengujian untuk menentukan lokasi perangkat IoT. Ada 11 skenario yang digunakan untuk pengujian, masing-masing skenario pengujian dilakukan untuk 2 lokasi yang tertera. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel V, semua skenario pengujian berhasil dilakukan. Keterbatasan penelitian ini adalah belum dapat diimplementasikan di lokasi laboratorium alam, dan perangkat IoT masih perlu dikalibrasi.

TABEL V
SUBSCRIBED TOPIC FOR ANDROID AND PUBLISHED TOPIC FOR FISHPOND

No	Purpose	Preliminary data	Expected result	Status
1	Menguji proses ganti lokasi perangkat IoT	Daftar lokasi perangkat	Dashboard menampilkan data sesuai dengan lokasi perangkat	PASS

No	Purpose	Preliminary data	Expected result	Status
2	Mengukur jumlah/ketinggian makanan ikan	Pakan ikan penuh	Ada perubahan angka jumlah pakan ikan pada dashboard	PASS
3		Pakan ikan kosong		PASS
4	Menguji perubahan jumlah/ketinggian pakan ikan	Saat pakan ikan kosong, tambahkan pakan ikan sampai penuh		PASS
5	Menguji ketinggian air kolam	Air kolam penuh	Ada perubahan angka jumlah air kolam pada dashboard	PASS
6		Air kolam kosong		PASS
7	Menguji perubahan jumlah/ketinggian air kolam	Saat air kolam kosong, tambahkan air sampai penuh.		PASS
8	Menguji pH air kolam	Air kolam terisi dengan air	Angka pH air kolam ditampilkan pada dashbaord	PASS
9	Menguji temperatur air kolam	Air kolam terisi dengan air	Angka temperatur air kolam ditampilkan pada dashboard	PASS
10	Menguji penjadwalan pakan ikan otomatis	1. menyalakan tombol "Pakan otomatis" 2. Mengatur waktu pakan otomatis pada dashboard	Motor servo membuka dan memberikan pakan ikan pada jam yang ditentukan	PASS
11	Mengukur temperatur area kolam ikan		Angka tempartur area kolam ikan ditampilkan pada dashboard	PASS
12	Mengukur kelembapan udara pada area kolam ikan		Kondisi kelembapan area kolam ikan ditampilkan pada dashboard	PASS
13	Menguji lampu penerangan pada area kolam ikan	Malam hari	Ambient light Pada dashboard menunjukkan "Gelap"	PASS
14		Siang hari	Ambient light pada dashboard menampilkan "Terang"	PASS
15	Menguji kamera pada area kolam ikan		Kamera menampilkan kondisi area kolam ikan	PASS

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, disimpulkan bahwa:

- Periferal IoT dan aplikasi Android dapat berkomunikasi dengan baik menggunakan arsitektur MQTT.
- Periferal IoT dan aplikasi Android dapat menyelesaikan setiap skenario *blackbox testing*.

Saran untuk penelitian selanjutnya,

- Kalibrasi perangkat belum dilakukan, sehingga perlu dilakukan untuk memastikan kesesuaian periferal IoT dengan data yang ditampilkan.
- Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk memastikan perangkat keras IoT dapat berfungsi dalam jangka waktu yang lama.
- Dikembangkan untuk taman biologi sekolah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknologi Informasi (FTI) Universitas Kristen Duta Wacana dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Kristen Duta Wacana. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh LPPM dengan kontrak 127/D.01/LPPM/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Harnani, "EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN DARING DI MASA PANDEMI COVID-19," BDK Jakarta Kementerian Agama RI, 7 Juli 2020. [Online]. Available: <https://bdkjakarta.kemendiknas.go.id/berita/efektivitas-pembelajaran-daring-di-masa-pandemi-covid-19>. [Diakses 2 November 2021].
- [2] D. N. Baety dan D. R. Munandar, "Analisis Efektifitas Pembelajaran Daring Dalam Menghadapi Wabah Pandemi Covid-19," *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 3, no. 3, pp. 880-989, 2021.
- [3] N. G. A. M. Y. Lestari, "Pendidikan Anak Usia Dini di Masa Pandemi Covid-19," *COVID-19: Perspektif Pendidikan*, p. 11, 2020.
- [4] Y. Rachmawati, M. Ma'arif, N. Fadhillah, N. Inayah, K. Ummah, M. N. F. Siregar, R. Amalyaningsih, F. Aftannailah dan A. Auliyah, "Studi eksplorasi studi eksplorasi pembelajaran pendidikan ipa saat masa pandemi Covid-19 di UIN Sunan Ampel Surabaya," *Indonesian Journal of Science Learning*, vol. 1, no. 1, pp. 32-36, 2020.
- [5] S. Ningsih, "Persepsi Mahasiswa Terhadap Pembelajaran Daring Pada Masa Pandemi Covid-19," *JINOTEP (Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran): Kajian Dan Riset Dalam Teknologi Pembelajaran*, vol. 7, no. 2, pp. 124-132, 2020.
- [6] K. Nisa dan A. Supriyanto, "Dampak Handphone bagi Pendidikan di Indonesia Khususnya anak-anak," dalam *Seminar Nasional Arah Manajemen Sekolah Pada Masa Dan Pasca Pandemi Covid-19*, 2020.
- [7] A. S. Wijaya dan N. Nugroho, "Dampak Gawai terhadap Perkembangan Anak Usia Pra Sekolah pada Masa Pandemi Covid-19," *Jurnal Keperawatan Silampari*, vol. 5, no. 1, pp. 103-114, 2021.
- [8] A. P. Putri, R. S. Rahhayu, M. Suswandari dan P. A. R. Ningsih, "Strategi Pembelajaran melalui Daring dan Luring selama Pandemi Covid-19 Di Sd Negeri Sugihan 03 Bendosar," *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [9] K. R. Musayadah dan E. Mu'afiah, "Implementasi Pendidikan Karakter Di Sekolah Alam Pada Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kasus di MI Pelangi Alam Ponorogo)," *Excelencia: Journal of Islamic Education & Management*, vol. 1, no. 1, pp. 85-95, 2021.
- [10] A. K. Pakpahan, "Covid-19 dan implikasi bagi usaha mikro, kecil, dan menengah," *Jurnal Ilmiah Hubungan Internasional*, pp. 59-64, 2020.

- [11] H. Tarigan, J. H. Sinaga dan R. R. Rachmawati, "Dampak pandemi covid-19 terhadap kemiskinan di indonesia," *Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, vol. 3, pp. 457-479, 2020.
- [12] F. S. Widayati, "Pengelolaan Laboratorium Ilmu Pengetahuan Alam Sekolah Standar Nasional (Studi Situs di SMP Negeri 1 Nogosari Boyolali)," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [13] E. Fleisch, "What is the internet of things? An economic perspective," *Economics, Management, and financial markets*, vol. 5, no. 2, pp. 125-157, 2010.
- [14] L. K. P. Saputra dan Y. Lukito, "Implementation of air conditioning control system using REST protocol based on NodeMCU ESP8266," dalam *2017 International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS)*, Yogyakarta, Indonesia, 2017.
- [15] Y. Meng, W. Zhang, H. Zhu dan X. S. Shen, "Securing consumer IoT in the smart home: Architecture, challenges, and countermeasure," *IEEE Wireless Communications*, vol. 25, no. 6, pp. 53-59, 2018.
- [16] F. Zantalis, G. Koulouras, S. Karabetsos dan D. Kandris, "A review of machine learning and IoT in smart transportation," *Future Internet*, vol. 11, no. 4, p. 94, 2019.
- [17] A. Frank, Y. S. K. Al Aamri dan A. Zayegh, "IoT based smart traffic density control using image processing," dalam *2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*, Muscat, Oman, 2019.
- [18] D. Davcev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski dan N. Koteli, "IoT agriculture system based on LoRaWAN," dalam *2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2018.
- [19] A. Kapoor, S. I. Bhat, S. Shidnal dan A. Mehra, "Implementation of IoT (Internet of Things) and Image processing in smart agriculture," dalam *2016 International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)*, Bengaluru, India, 2016.
- [20] D. Sawant, A. Jaiswal, J. Singh dan P. Shah, "AgriBot - An intelligent interactive interface to assist farmers in agricultural activities," dalam *2019 IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC)*, Mumbai, India, 2019.
- [21] S. Akash, A. Menon, A. Gupta, M. W. Wakeel, M. Praveen dan P. Meena, "A novel strategy for controlling the movement of a smart wheelchair using internet of things," dalam *2014 IEEE global humanitarian technology conference-South Asia satellite (GHTC-SAS)*, Trivandrum, India, 2014.
- [22] B. E. Medina dan L. T. Manera, "Retrofit of air conditioning systems through an Wireless Sensor and Actuator Network: An IoT-based application for smart building," dalam *2017 IEEE 14th international conference on networking, sensing and control (ICNSC)*, Calabria, Italy, 2017.
- [23] Sugiono, T. Indriyani dan M. Ruswiansari, "Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis Internet Of Things (IoT)," *INTEGER: Journal of Information Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 41-48, 2017.
- [24] G. Carrion, M. Huerta dan B. Barzallo, "Internet of things (IoT) applied to an urban garden," dalam *2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2018.
- [25] Y.-B. Lin dan H.-C. Tseng, "FishTalk: An IoT-based mini aquarium system," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 35457 - 35469, 2019.
- [26] R. H. Hardyanto, P. W. Ciptadi dan A. Asmara, "Smart Aquarium Based On Internet of Things," *Journal of Business and Information Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 45-53, 2019.
- [27] T. Thamaraimanalan, S. Vivekk, G. Satheeshkumar dan P. Saravanan, "Smart garden monitoring system using IoT," *Asian Journal of Applied Science and Technology (AJAST)*, vol. 2, no. 2, pp. 186-192, 2018.
- [28] N. Neshenko, E. Bou-Harb, J. Crichigno, G. Kaddoum dan N. Ghani, "Demystifying IoT security: An exhaustive survey on IoT vulnerabilities and a first empirical look on Internet-scale IoT exploitations," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 3, pp. 2702-2733, 2019.
- [29] L. Farhan, R. Kharel, O. Kaiwartya, M. Quiroz-Castellanos, A. Alissa dan M. Abdulsalam, "A concise review on Internet of Things (IoT)-problems, challenges and opportunities," dalam *11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, 2018.
- [30] A. S. Shah, H. Nasir, M. Fayaz, A. Lajis dan A. Shah, "A review on energy consumption optimization techniques in IoT based smart building environments," *Information*, vol. 10, no. 3, p. 108, 2019.