

RANCANG BANGUN APLIKASI MONITORING ALAT PEMBERI PAKAN IKAN OTOMATIS BERBASIS WEB MENGGUNAKAN PROTOKOL HYBRID WEBSOCKET DAN MQTT DENGAN METODE MODEL V

Muhammad Al Fatih¹, Sartika Lina Mulani Sitio²

Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
e-mail: ¹alfatih.hergun@gmail.com, ²dosen00847@unpam.ac.id

Abstract

Freshwater fish farm is one of the most profitable industrial sectors in Indonesia. With a tropical climate and high market demand, freshwater fish farm widely practiced by our community. However, technological advancements are still minimally applied in this sector. The development of a special device that can provide scheduled fish feeding and can be configured via a mobile application would greatly assist the operations of freshwater fish farmers in our country. This device can solve several problems in this sector including the number of human resources, negligence in feeding schedules, and errors in feed quantity. This research was conducted using methods of observation, literature study, and system design with the aim to designing and building an IoT-based (Internet of Things) feeder device. The system is integrated with the Arduino IoT Cloud service as a server for the application and device, allowing users to control the feeder device using the Arduino IoT Remote application available on smartphones. The feeder device is designed using Wemos D1 Mini ESP8288 as the microcontroller, HC-SR04 ultrasonic sensor to detect remaining feed in the feeder tube, relay module to control the motor, and synchronous motor to dispense the feed. The development of this tool is expected to contribute to the implementation of technological advancements in all industrial sectors in our country.

Keywords: Freshwater Fish Farm; Arduino; Internet of Things;

Abstrak

Pembudidayaan ikan air tawar merupakan salah satu sektor industri yang sangat menguntungkan di Indonesia. Dengan kondisi iklim tropis dan permintaan pasar yang tinggi, membuat ikan air tawar marak di budidayakan oleh masyarakat kita. Akan tetapi, perkembangan teknologi masih minim diterapkan di sektor ini. Dengan pengembangan device khusus yang dapat memberikan pakan ikan dengan terjadwal dan dapat di konfigurasi lewat aplikasi mobile akan sangat membantu operasional pembudidaya ikan air tawar di tanah air kita. Alat ini dapat menyelesaikan beberapa problem dari sektor ini, diantaranya adalah: Jumlah tenaga manusia, kelalaian dalam jadwal pemberian pakan, dan kesalahan dalam kuantitas pemberian pakan. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode Observasi, Studi Kepustakaan, dan Perancangan sistem dengan tujuan untuk merancang dan membangun Device Feeder berbasis IoT (Internet of Things). Sistem diintegrasikan dengan Arduino IoT Cloud service sebagai server untuk aplikasi dan device ini, sehingga pengguna dapat mengontrol device feeder dengan menggunakan aplikasi Arduino IoT Remote yang tersedia di smartphone. Device Feeder dirancang dengan menggunakan Wemos D1 Mini ESP8288 sebagai mikrokontroler, Sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi sisa pakan dalam tabung feeder, relay modul untuk mengontrol motor, dan synchronous motor sebagai pelontar pakan. Dengan dikembangkannya alat ini, diharapkan dapat berkontribusi dalam pengimplementasian perkembangan teknologi dalam segala sektor industri di tanah air kita.

Kata kunci: Budidaya Ikan Air Tawar, Arduino, Internet of Things;

1. PENDAHULUAN

Pemberian pakan merupakan aktivitas penting dalam budidaya ikan air tawar karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, efisiensi pakan, dan kualitas produksi. Untuk meningkatkan konsistensi pemberian pakan, perangkat automatic fish feeder banyak digunakan sebagai solusi modern yang mendukung otomatisasi dan efisiensi operasional dalam praktik precision aquaculture. Namun, optimalisasi alat tersebut memerlukan sistem monitoring yang andal agar kondisi perangkat, jadwal pakan, dan performa operasi dapat dipantau secara real-time.

Di lapangan, sistem monitoring feeder umumnya masih bergantung pada platform pihak ketiga seperti Arduino IoT Cloud. Meskipun praktis, ketergantungan ini menimbulkan beberapa keterbatasan, seperti fitur yang terbatas, biaya langganan untuk fungsi tertentu, serta kesulitan skalabilitas ketika sistem perlu dikembangkan untuk penggunaan multi-perangkat dan multi-pengguna. Selain itu, mekanisme manajemen kepemilikan alat pada platform tersebut belum mendukung pengelolaan perangkat dalam skala besar. Sistem sebelumnya juga belum dikembangkan menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak yang terstruktur, sehingga menyulitkan proses perawatan dan pengembangan lanjutan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini mengusulkan pembangunan sistem monitoring mandiri berbasis web yang tidak lagi bergantung pada layanan eksternal. Sistem menggunakan arsitektur komunikasi hybrid yang menggabungkan MQTT untuk pertukaran data antara perangkat feeder dan server, serta WebSocket untuk komunikasi real-time antara server dan antarmuka pengguna. MQTT dipilih karena efisiensinya dalam komunikasi perangkat IoT berskala besar, sedangkan WebSocket memungkinkan pembaruan data secara langsung tanpa refresh. Sistem juga dilengkapi mekanisme manajemen kepemilikan perangkat yang terpusat untuk mendukung penggunaan multi-pengguna secara lebih fleksibel.

Pengembangan dilakukan menggunakan metode Model V yang menekankan keterkaitan antara tahapan perancangan dan pengujian. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan proses verifikasi dan validasi berlangsung secara sistematis sehingga kualitas perangkat lunak dapat terjamin dari aspek fungsionalitas, reliabilitas, dan pemeliharaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan aplikasi monitoring feeder ikan berbasis web yang lebih fleksibel, skalabel, dan siap dikembangkan untuk kebutuhan komersialisasi maupun implementasi oleh banyak pengguna.

2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Berikut adalah penelitian sebelumnya:

- a. Annur et al. (2021) mengembangkan sistem deteksi hujan dan banjir berbasis IoT menggunakan modul ESP32 dan protokol MQTT over WebSocket untuk pengiriman data secara real-time. Sistem ini memungkinkan masyarakat memantau kondisi jalan secara langsung melalui antarmuka web, sehingga mendukung pengambilan keputusan pada wilayah rawan banjir.
- b. Firdaus et al. (2023) membandingkan performa protokol MQTT dan CoAP pada sistem monitoring ruangan secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MQTT dengan QoS 0 memiliki delay lebih rendah, sedangkan QoS 2 lebih efektif dalam mengurangi packet loss, memberikan gambaran mengenai efektivitas protokol IoT pada berbagai kebutuhan aplikasi.
- c. Lestari et al. (2023) menerapkan komunikasi data asinkron menggunakan MQTT pada perangkat IoT laboratorium elektronika. Sistem yang dibangun memungkinkan berbagai instrumen seperti kamera dan multimeter mengirimkan data melalui broker RabbitMQ secara lebih efisien,

menunjukkan kemampuan MQTT dalam mendukung integrasi perangkat IoT berskala besar.

- d. Penelitian oleh Sakinah (2024) menganalisis kinerja beberapa protokol komunikasi IoT—termasuk MQTT, HTTP, CoAP, dan WebSocket—pada sistem pemantauan Smart Pond. Hasilnya menunjukkan bahwa MQTT dan HTTP memiliki performa terbaik dalam hal throughput, delay, jitter, dan bandwidth, dengan packet loss 0%. Temuan ini memberikan landasan kuat bagi pemilihan protokol pada sistem monitoring perikanan.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian terdahulu menegaskan bahwa MQTT dan WebSocket merupakan protokol yang andal dan efisien untuk aplikasi monitoring IoT real-time. Namun, belum banyak penelitian yang menggabungkan kedua protokol tersebut dalam arsitektur hybrid serta menerapkannya pada sistem monitoring dan manajemen perangkat *automatic fish feeder* yang dapat digunakan oleh banyak pengguna. Penelitian ini berkontribusi pada celah tersebut dengan mengembangkan sistem monitoring mandiri berbasis web yang mengintegrasikan MQTT dan WebSocket secara simultan, serta dilengkapi mekanisme manajemen kepemilikan perangkat.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode Model V yang menekankan keterkaitan antara tahapan perancangan dan pengujian untuk memastikan proses validasi dan verifikasi berjalan secara sistematis. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap penggunaan alat pemberi pakan ikan otomatis serta wawancara dengan PT Bening Guru Semesta selaku pihak yang bergerak dalam produksi perangkat IoT perikanan. Melalui proses ini diperoleh informasi mengenai kebutuhan pengguna, hambatan teknis sistem monitoring sebelumnya, serta ekspektasi terhadap sistem baru yang lebih fleksibel dan tidak

bergantung pada platform pihak ketiga. Selain itu, studi pustaka juga dilakukan dengan menelaah jurnal ilmiah, artikel teknis, dan penelitian terkait Internet of Things, protokol komunikasi MQTT dan WebSocket, serta metodologi pengembangan perangkat lunak Model V yang menjadi dasar teoretis dalam penelitian ini.

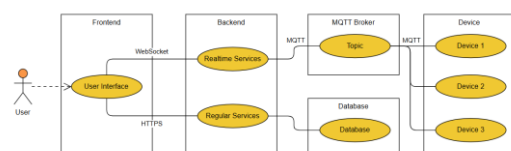
Pengembangan sistem dilakukan mengikuti alur Model V, dimulai dari analisis kebutuhan untuk merumuskan spesifikasi fungsional perangkat feeder dan aplikasi monitoring berbasis web berdasarkan temuan lapangan serta referensi ilmiah. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang mencakup arsitektur komunikasi hybrid menggunakan MQTT dan WebSocket, alur pertukaran data, struktur basis data, serta perancangan antarmuka pengguna. Sistem kemudian diimplementasikan dengan mengembangkan aplikasi web menggunakan Node.js, mengintegrasikan perangkat feeder dengan broker MQTT, serta mengaktifkan komunikasi real-time melalui WebSocket.

Tahap pengujian dilakukan secara bertahap sesuai struktur Model V. Pengujian unit dilakukan untuk memastikan setiap modul berfungsi sesuai rancangan, dilanjutkan dengan pengujian integrasi untuk memverifikasi kesesuaian interaksi antar modul. Setelah itu dilakukan pengujian sistem untuk memastikan keseluruhan fitur berjalan sesuai spesifikasi kebutuhan. Terakhir, dilakukan *acceptance testing* bersama pengguna untuk menilai apakah sistem telah memberikan fungsi monitoring dan kontrol perangkat feeder sesuai kebutuhan operasional. Pendekatan ini memastikan sistem yang dihasilkan bersifat reliabel, terstruktur, dan siap digunakan dalam lingkungan IoT perikanan yang lebih luas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

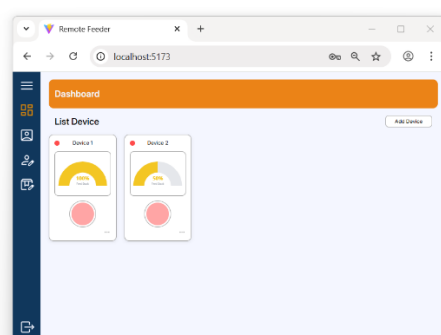
Sistem monitoring dan kendali alat pemberi pakan ikan berbasis IoT berhasil direalisasikan dengan menerapkan arsitektur hybrid yang memadukan protokol WebSocket dan MQTT. Arsitektur ini dirancang untuk mengoptimalkan dua jenis kebutuhan komunikasi, yaitu telemetri ringan dari perangkat IoT serta pembaruan

antarmuka pengguna secara real-time. Skema umum implementasi sistem ditunjukkan pada *Gambar 4.1*, yang memperlihatkan integrasi antara perangkat feeder, broker MQTT, server aplikasi, dan antarmuka web.

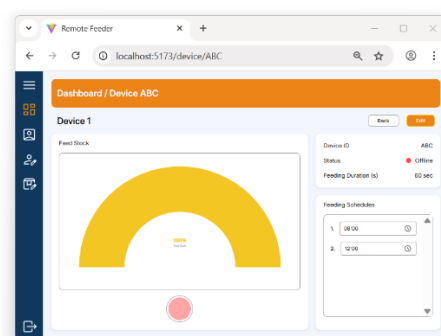


Gambar 4.1: Arsitektur Sistem

Pada sisi frontend, aplikasi web menampilkan status perangkat, sisa pakan, aktivitas pemberian pakan, serta jadwal yang telah ditetapkan. Mekanisme WebSocket memungkinkan setiap pembaruan ditampilkan seketika tanpa perlu penyegaran halaman. Hal ini meningkatkan responsivitas aplikasi dan mempermudah pengguna dalam memantau kondisi lapangan secara langsung. Contoh tampilan dashboard monitoring dapat dilihat pada *Gambar 4.2* dan *Gambar 4.3*.



Gambar 4.2: Antarmuka Dashboard



Gambar 4.3: Antarmuka Detail Alat

Evaluasi performa sistem dilakukan melalui empat pendekatan pengujian, yaitu unit test, integration test, system test, dan user acceptance test (UAT). Hasil unit test menunjukkan bahwa fitur dasar seperti komunikasi dan otentikasi REST API, serta fungsi penerimaan dan pengiriman WebSocket maupun MQTT berjalan sesuai spesifikasi. Rangkuman hasil pengujian disajikan pada *Tabel 4.1*.

Tabel 4.1

Fitur	Kondisi Uji	Status
Modul Otentikasi via REST API	Hit endpoint register dan login dan mendapat balasan token autentikasi (jwt token)	Berhasil
Modul REST API	Jalankan operasi CRUD untuk semua endpoint	Berhasil
Modul WebSocket	Mengirim dan menerima data via websocket	Berhasil
Modul MQTT	Mengirim dan menerima data via MQTT	Berhasil

Pada tahap integration test, modul-modul utama diuji dalam kombinasi yang lebih kompleks, mencakup integrasi server Node.js dengan broker MQTT, alat feeder dengan broker MQTT, serta komunikasi WebSocket dengan klien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh modul dapat berfungsi secara konsisten dan tidak ditemukan isu sinkronisasi data. Detail pengujian ditampilkan pada *Tabel 4.2*.

Tabel 4.2

Fitur	Kondisi Uji	Status
Frontend ↔ Backend via WebSocket	Mengirim data feed = true dengan klik tombol feed pada widget alat di halaman dashboard dan mendapat balasan data feed = false setelah delay sekian detik	Berhasil

Frontend ↔ Backend via REST API	Mengakses halaman dashboard dan memantau request API mengambil alat yang tertaut dengan akun pengguna	Berhasil
Backend ↔ Alat Feeder via MQTT	Melanjutkan data data feed = true dari frontend lalu mendapat balasan feed = false setelah delay sekian detik	Berhasil

Pengujian sistem secara keseluruhan memastikan bahwa alur kerja utama, seperti penjadwalan pemberian pakan, pengiriman data sensor, pembaruan status perangkat, dan pencatatan riwayat, berjalan secara stabil. Sistem mampu menangani aliran data secara kontinu dan tetap responsif selama periode pengujian. Rangkuman hasil system test disajikan pada *Tabel 4.3*.

Tabel 4.3

Fitur	Kondisi Uji	Status
Kontrol Role Access	Pengujian langsung melalui antarmuka web menggunakan akun dengan role berbeda.	Berhasil
Monitoring Real-Time	Observasi tampilan dashboard web dan log WebSocket menggunakan <i>browser console</i> sebagai pembanding data aktual.	Berhasil
Pemberian Pakan Manual	Menekan tombol “Beri Pakan” pada dashboard dan memantau respons di perangkat fisik (servo atau motor pakan).	Berhasil
Pemberian Pakan Otomatis	Mengatur jadwal pada modul manajemen jadwal di web, lalu mengamati log backend serta respons perangkat	Berhasil

	pada waktu yang ditentukan.	
Manipulasi Data Alat	Melakukan operasi tambah, ubah, dan hapus data pada halaman Manajemen Alat	Berhasil
Manipulasi Data User	Melakukan operasi tambah, ubah, dan hapus data pada halaman Manajemen User	Berhasil
Kontrol Role Access	Pengujian langsung melalui antarmuka web menggunakan akun dengan role berbeda.	Berhasil

Selanjutnya, UAT dilakukan bersama pihak pengguna yang mewakili perusahaan mitra. Evaluasi mencakup aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, kejelasan informasi, dan keandalan sistem. Mayoritas responden memberikan penilaian positif dan menyatakan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan operasional monitoring alat pemberi pakan ikan. Ringkasan hasil UAT ditampilkan pada *Tabel 4.4*.

Tabel 4.4

Fitur	Kondisi Uji	Status
Login dan Role Access	Pengguna mencoba login menggunakan akun dengan role berbeda (admin dan user).	Berhasil
Menampilkan Dashboard Monitoring	Pengguna membuka halaman dashboard untuk melihat data sensor secara real-time.	Berhasil
Pemberian Pakan Manual	Pengguna menekan tombol “Beri Pakan Sekarang” melalui antarmuka web.	Berhasil
Pemberian Pakan Otomatis	Pengguna mengatur jadwal pemberian pakan otomatis pada sistem.	Berhasil
Kestabilan Sistem dan Ketersediaan Data	Pengguna menggunakan aplikasi dalam durasi panjang	Berhasil

	(misalnya 1 jam monitoring).	
Manajemen Alat	Pengguna dengan akun Admin membuka menu manajemen alat untuk menambahkan, mengubah, dan menghapus data perangkat feeder yang terdaftar dalam sistem.	Berhasil
Manajemen Pengguna	Pengguna dengan akun Admin membuka menu manajemen pengguna untuk menambah akun baru, mengubah data pengguna, mengatur role, atau menghapus akun yang tidak aktif.	Berhasil
Login dan Role Access	Pengguna mencoba login menggunakan akun dengan role berbeda (admin dan user).	Berhasil

Secara keseluruhan, hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa pendekatan arsitektur hybrid WebSocket-MQTT yang diusulkan mampu meningkatkan responsivitas, efisiensi komunikasi, dan keandalan sistem monitoring berbasis IoT. Sistem juga memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, baik melalui integrasi perangkat tambahan maupun penerapan analitik data untuk mendukung pengambilan keputusan pada sektor budidaya perikanan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, implementasi, dan pengujian yang dilakukan, sistem monitoring alat pemberi pakan ikan berbasis web dengan arsitektur hybrid WebSocket dan MQTT berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai kebutuhan. Sistem mampu menampilkan data sensor, status perangkat, serta aktivitas

pemberian pakan secara real-time melalui komunikasi dua arah yang stabil antara perangkat feeder dan aplikasi web. Fitur-fitur utama seperti pemantauan stok pakan, penjadwalan pemberian pakan, kontrol manual, dan pencatatan histori telah berjalan optimal dan mendukung peningkatan efisiensi proses budidaya ikan. Penggunaan metode Model V terbukti membantu memastikan kualitas sistem melalui tahapan verifikasi dan validasi yang sistematis, sehingga implementasi akhir sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Berdasarkan hasil uji coba dan evaluasi pengguna, sistem dinilai mudah digunakan, informatif, serta mampu beroperasi dengan baik dalam kondisi jaringan yang memadai, sehingga layak untuk diterapkan dalam operasional monitoring pemberian pakan ikan otomatis.

Berikut beberapa saran penulis yang mungkin layak dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

- Mengembangkan fitur analitik dan prediksi kebutuhan pakan berbasis data historis untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cerdas.
- Menambahkan integrasi sensor kualitas air (pH, DO, suhu) agar sistem dapat memantau kondisi kolam secara lebih menyeluruh.
- Mengoptimalkan antarmuka pengguna agar lebih responsif, adaptif, dan nyaman digunakan pada berbagai perangkat mobile.
- Mengarahkan pengembangan ke skala yang lebih besar, seperti monitoring multi-perangkat atau multi-lokasi, untuk mendukung penerapan pada unit produksi perikanan berskala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annur, M. R., Hidayat, N., & Soebroto, A. A. (2021). Implementasi Deteksi Hujan dan Banjir Secara Real Time Monitoring berbasis MQTT Over Websocket Menggunakan Modul ESP32. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1390-1397.
- [2] Firdaus, G., & Ashari, A. (2023). Implementasi Protokol MQTT dan COAP pada Sistem Monitoring Ruangan Secara Realtime Berbasis IoT. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

- [3] Lestari, N., Sarief, I., & Prihatmanto, A. S. (2023). Implementasi Komunikasi Data Asinkron Menggunakan MQTT untuk Perangkat IoT Laboratorium Elektronika Hibrid. Seminar Nasional Teknik Elektro.
- [4] Sakinah, J. (2024). Implementasi dan Analisis Perbandingan Quality of Service Protokol Komunikasi IoT pada Sistem Kontrol dan Pemantauan Smart Pond. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [5] Maulana, I., & kawan-kawan. (2024). Fish feeding automation with ESP32 and MQTT. International Journal of (studi prototipe automatic fish feeder menggunakan ESP32 dan MQTT). Jurnal UIBBC
- [6] Ratnasari, D. (2020). IoT Prototype Development of Automatic Fish Feeder and Water Replacement. International Journal of Engineering Technology and Natural Sciences, 2(2), 51–55. (contoh prototipe IoT untuk feeder & pergantian air). journal.uty.ac.id
- [7] Sung, W. T., et al. (2023). Designing aquaculture monitoring system based on data platforms / An IoT-based aquaculture monitoring system using Firebase. Electronics / ScienceDirect. (sistem monitoring akuakultur real-time; integrasi cloud/Firebase). MDPI
- [8] Wang, Z., et al. (2025). Research on the Development of a Building Model ... Sensors (MDPI). (menjelaskan arsitektur yang menggabungkan MQTT dengan WebSocket untuk akses klien web). — berguna untuk pembahasan hybrid MQTT–WebSocket. MDPI
- [9] Fikri, T. A. (2023). Penerapan Protokol MQTT pada Sistem Akuakultur. TRIK. (aplikasi MQTT dalam konteks akuakultur; pengukuran error & komunikasi sensor). E-Jurnal
- [10] ÖZDOĞAN, E., et al. (2024). Adaptive Hybrid Application Protocol for IoT. Acta Polytechnica / konferensi. (paper tentang protokol hybrid/adaptive yang membandingkan arsitektur gabungan protokol). acta.uni-obuda.hu\
- [11] Silva-Oliveira, et al. (tahun). Latency evaluation for MQTT and WebSocket protocols. (studi perbandingan performa/latensi MQTT vs WebSocket — berguna untuk justifikasi pemilihan hybrid). Semantic Scholar