

SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME

Zulfa Fahrunnisa^{1*}, Inta Nurkhaliza Agiska¹, Raditya Pratama Putra¹, Dwi Nur Faizah¹, Ahmad Alfian¹, Zaky, Ahmad Aufazis Hanansah¹, Roby Andromeda¹, Saugie Tanjung Thaher, Hervyandra Ramadhani¹

¹Teknik Elektro, D4 Teknologi Rekayasa Elektronika , Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Kampus Tegalboto, Jember, Jawa Timur, Indonesia, 68121
zulfa@unej.ac.id

Abstract. *Freshwater and brackish-water fish farming depends heavily on consistent feeding and stable pond water quality, particularly pH and temperature. In practice, fish farmers in Gugut Village, Rambipuji, Jember still rely on manual feeding, which is prone to delay and inconsistency, while water-quality monitoring is rarely performed due to limited measurement tools. This study aims to design and build SIPKOM (Integrated Automatic Pond Feeding System), an ESP32-based automatic feeding system integrated with proximity, pH, and temperature sensors and connected to a web application for remote monitoring and control. The development method covers requirements analysis, three-layer system architecture design (hardware, firmware, and web application), assembly and wiring, firmware programming, database and REST API design, and sensor and dosing-mechanism calibration. The results show that SIPKOM can dose feed within a 300–350 gram range per cycle through motor-duration calibration, read pond conditions within a pH range of 6.5–8.5 and temperature range of 24–30°C, and periodically transmit data to a server via an HTTP REST API. The SIPKOM website provides four main features: a real-time monitoring dashboard, feeding-schedule management, feeding history, and a manual feeding trigger. The system is expected to reduce dependence on manual feeding, improve water-quality consistency, and simplify feeding-history record-keeping for fish farmers.*

Keywords: *Internet of Things, ESP32, automatic feeder, water quality monitoring, aquaculture, monitoring website*

Abstrak. Budi daya ikan air tawar dan air payau sangat bergantung pada konsistensi pemberian pakan dan kestabilan kualitas air kolam, khususnya nilai pH dan suhu. Pada praktik di lapangan, khususnya pada mitra budi daya ikan di Desa Gugut, Kecamatan Rambipuji, Kabupaten Jember, pemberian pakan masih dilakukan secara manual sehingga rawan terlambat atau tidak konsisten, sementara pemantauan kualitas air jarang dilakukan karena keterbatasan alat ukur. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun SIPKOM (Sistem Pemberi Pakan Kolam Otomatis Terpadu), yaitu sistem pemberi pakan otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor proximity, sensor pH, dan sensor suhu, serta terhubung ke aplikasi website untuk monitoring dan kontrol jarak jauh. Metode pengembangan yang digunakan meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem tiga lapis (perangkat keras, firmware, dan aplikasi web), perakitan dan pengkabelan komponen, pemrograman firmware, perancangan basis data dan REST API, hingga kalibrasi sensor dan mekanisme penakar pakan. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa SIPKOM mampu menakar pakan pada rentang 300–350 gram per proses melalui kalibrasi durasi motor penakar, membaca kondisi air kolam pada rentang pH 6,5–8,5 dan suhu 24–30°C, serta mengirimkan data secara berkala ke server melalui protokol HTTP REST API. Website SIPKOM menyediakan empat fitur utama, yaitu dashboard monitoring real-time, manajemen jadwal pakan, riwayat pemberian pakan, dan fitur pemberian pakan manual. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi

Naskah Masuk: 01 September 2026; Revisi: 02 September 2026; Diterima: 03 September 2026; Terbit: 05 September 2026

***SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS
AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME***

ketergantungan pada pemberian pakan manual, meningkatkan konsistensi kualitas air, serta mempermudah pencatatan riwayat pemberian pakan bagi pembudidaya ikan.

Kata kunci: *Internet of Things, ESP32, pemberi pakan otomatis, monitoring kualitas air, akuakultur, website monitoring*

1. LATAR BELAKANG

Kegiatan budi daya ikan air tawar maupun air payau sangat bergantung pada dua faktor utama, yaitu ketersediaan pakan yang teratur dan kualitas air kolam yang stabil. Pada praktiknya, pemberian pakan secara manual sering kali tidak konsisten karena keterbatasan waktu dan tenaga penjaga kolam, terutama pada kolam berskala menengah hingga besar dengan frekuensi pemberian pakan yang tinggi. Di sisi lain, parameter kualitas air seperti pH dan suhu jarang dipantau secara berkala karena membutuhkan alat ukur manual yang merepotkan. Kondisi ini konsisten dengan temuan pada literatur akuakultur, bahwa pemberian pakan yang tidak tepat waktu maupun berlebihan dapat menurunkan kualitas air, mengganggu keseimbangan nutrisi, serta meningkatkan risiko stres dan penyakit pada ikan (Yildiz et al., 2017).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pemberi pakan otomatis berbasis IoT dengan mikrokontroler seperti ESP32, ESP8266, maupun NodeMCU, dan mengintegrasikannya dengan sensor kualitas air serta platform pemantauan seperti Blynk, aplikasi pesan instan, maupun dashboard web (Abu-Khadrah et al., 2022; Ibrahim & Setiyadi, 2021). Beberapa penelitian menekankan pentingnya kalibrasi dosis pakan agar sesuai dengan jenis dan ukuran pelet yang digunakan, karena tanpa kalibrasi yang tepat sistem cenderung mengalami penyumbatan (bridging) atau ketidaktepatan takaran (Maulana, 2022, dalam Zunaidi et al., 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi sensor suhu dan pH pada sistem berbasis ESP32 dapat memberikan akurasi pembacaan yang tinggi sekaligus mempercepat respons terhadap kondisi air yang tidak normal.

Berdasarkan permasalahan dan tinjauan tersebut, dikembangkan SIPKOM (Sistem Pemberi Pakan Kolam Otomatis Terpadu), sebuah sistem yang memadukan mekanisme penakaran pakan otomatis dengan pemantauan kualitas air (pH dan suhu) secara real-time melalui website. Pengembangan SIPKOM dilaksanakan sebagai bagian dari Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) yang dijalankan oleh Himpunan Mahasiswa Vokasi Elektronika (HMVE) Universitas Jember, dengan sasaran mitra pembudidaya ikan di Desa Gugut, Kecamatan Rambipuji, Kabupaten Jember. SIPKOM menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama karena memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan, sehingga memungkinkan pengiriman data secara real-time ke server/website tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan.

Tujuan pengembangan SIPKOM pada penelitian ini adalah:

- Merancang dan membangun perangkat keras pemberi pakan otomatis yang terintegrasi dengan sensor ketersediaan pakan, sensor pH, dan sensor suhu air kolam.
- Mengembangkan firmware ESP32 yang mampu membaca sensor, menjalankan mekanisme penakaran pakan, dan mengirimkan data ke server secara berkala.
- Merancang dan mengimplementasikan website monitoring yang menyediakan fitur dashboard real-time, manajemen jadwal, riwayat, dan pemberian pakan manual.
- Melakukan kalibrasi sensor dan sistem penakar pakan agar sesuai dengan target spesifikasi teknis yang ditetapkan.

2. KAJIAN TEORITIS

Internet of Things (IoT) pada bidang akuakultur umumnya diimplementasikan untuk dua fungsi utama, yaitu otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air secara jarak jauh. Abu-Khadrah et al. (2022) mengembangkan sistem smart fish-feeder berbasis IoT yang memungkinkan penjadwalan pakan dan pemantauan kondisi kolam dari jarak jauh, sementara penelitian lain menerapkan mikrokontroler ESP32 dengan sensor DS18B20 dan sensor pH untuk memantau kondisi akuarium serta mengontrolnya melalui aplikasi perpesanan (Ibrahim & Setiyadi, 2021). Pendekatan serupa turut diterapkan pada sistem akuaponik, yang menggabungkan mekanisme dosing berbasis auger dengan kalibrasi dosis terhadap ukuran pelet pakan menggunakan pendekatan waktu putar motor (Zunaidi et al., 2024).

Pada aspek pemantauan kualitas air, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa sensor suhu jenis DS18B20 dapat memberikan tingkat akurasi pembacaan yang cukup tinggi bila dikalibrasi terhadap alat ukur pembanding, sedangkan sensor pH memerlukan kalibrasi dua atau tiga titik menggunakan larutan buffer standar agar hasil pembacaan mendekati nilai sebenarnya. Selain itu, arsitektur sistem yang memisahkan lapisan perangkat keras/firmware dari lapisan aplikasi web melalui REST API maupun protokol MQTT dinilai memudahkan pengembangan lanjutan serta integrasi dengan platform pemantauan tambahan seperti dashboard berbasis WebSocket dan aplikasi mobile.

Berbeda dari penelitian-penelitian tersebut yang umumnya berfokus pada skala akuarium/akuaponik rumah tangga, SIPKOM dirancang khusus untuk kebutuhan kolam budi daya berskala menengah pada mitra masyarakat, dengan penekanan pada desain galon pakan permanen (tidak perlu dilepas-pasang saat pengisian ulang), kalibrasi penakaran berbasis durasi putar motor, serta pembangunan aplikasi web bertingkat peran (pemilik kolam dan penjaga kolam) yang dilengkapi fitur manajemen jadwal dan riwayat pemberian pakan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat (engineering design/prototyping) yang terdiri atas lima tahap utama, yaitu: (1) analisis kebutuhan dan perancangan arsitektur sistem; (2) perancangan dan perakitan perangkat keras; (3) pemrograman firmware ESP32; (4) perancangan basis data serta pengembangan website monitoring; dan (5) kalibrasi serta pengujian fungsional sistem secara terintegrasi. Kelima tahap tersebut dijalankan secara iteratif, sehingga hasil pengujian pada satu tahap dapat digunakan untuk menyempurnakan tahap sebelumnya.

3.1 Analisis Kebutuhan dan Perancangan Arsitektur

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi permasalahan pemberian pakan manual dan pemantauan kualitas air pada mitra budi daya ikan. Berdasarkan hasil analisis, dirancang arsitektur sistem tiga lapis: lapisan perangkat keras (galon pakan, sistem penakar, sensor proximity, sensor pH, dan sensor suhu), lapisan pengendali/firmware (ESP32), dan lapisan aplikasi web (server, basis data, dan antarmuka pengguna).

3.2 Perancangan dan Perakitan Perangkat Keras

Perakitan perangkat keras meliputi pemasangan rangka alat, galon pakan dengan corong hopper permanen, sistem penakar (dosing mechanism) berbasis motor DC/servo, serta pemasangan sensor proximity, sensor pH, dan sensor suhu tahan air (waterproof) pada titik pengukuran yang representatif di dalam kolam.

3.3 Pemrograman Firmware ESP32

Firmware dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan pustaka WiFi.h, HTTPClient.h, ArduinoJson, OneWire, dan DallasTemperature. Firmware dibagi menjadi modul koneksi Wi-Fi dan sinkronisasi waktu, modul pembacaan sensor, modul pengiriman data ke server melalui REST API, modul pengecekan jadwal pakan, modul penerimaan perintah pemberian pakan manual, serta modul aktuasi motor penakar dan katup pengeluaran.

3.4 Perancangan Basis Data dan Website Monitoring

Website dikembangkan dengan pola arsitektur tiga lapis (frontend, backend/API, dan basis data), menggunakan basis data relasional untuk menyimpan data pengguna, jadwal pakan, riwayat pemberian pakan, dan log sensor. Komunikasi data real-time antara ESP32 dan server dilakukan melalui protokol HTTP (REST API), dengan opsi pengembangan lanjutan menggunakan MQTT.

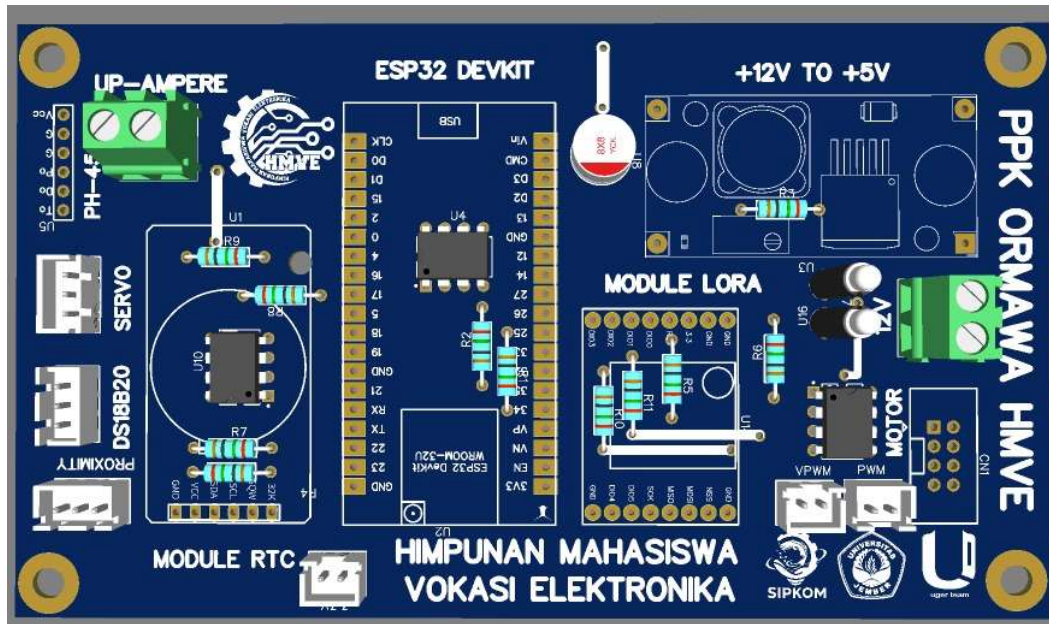
3.5 Kalibrasi dan Pengujian

Kalibrasi dilakukan pada tiga komponen utama: (a) sensor pH menggunakan larutan buffer standar pH 4,0, 6,86, dan 9,18 untuk memperoleh persamaan regresi linear antara

tegangan terbaca dan nilai pH; (b) sensor suhu DS18B20 dengan membandingkan pembacaan terhadap termometer digital standar pada minimal dua titik suhu; dan (c) sistem penakar pakan dengan menjalankan motor pada mode uji coba, menimbang hasil takaran, dan menyesuaikan durasi putar motor hingga berat pakan yang keluar konsisten berada pada rentang target..

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arsitektur Sistem SIPKOM



Gambar. 1 Layout PCB Smart Feeder

SIPKOM terdiri atas tiga lapisan utama yang saling terhubung: lapisan perangkat keras, lapisan firmware ESP32, dan lapisan aplikasi web. ESP32 membaca data dari sensor proximity, sensor pH, dan sensor suhu secara berkala, kemudian mengirimkan data tersebut ke server website melalui protokol HTTP (REST API). Website menyimpan data ke basis data dan menampilkannya secara real-time kepada pengguna. Sebaliknya, ketika jadwal pakan tiba atau pengguna menekan tombol pemberian pakan manual pada website, perintah tersebut diteruskan ke ESP32 untuk menggerakkan sistem penakar dan mengeluarkan pakan sesuai takaran.

Prinsip kerja SIPKOM secara ringkas adalah sebagai berikut: pakan dimasukkan ke dalam galon melalui lubang pengisian tanpa perlu melepas galon dari dudukannya; sensor proximity secara berkala memeriksa ketersediaan pakan; pada jadwal yang ditentukan atau saat perintah manual diterima, ESP32 mengaktifkan motor penakar sehingga pakan tertakar sebanyak 300–350 gram; katup pengeluaran terbuka dan pakan jatuh ke kolam; secara bersamaan sensor pH dan suhu membaca kondisi air; dan seluruh data dikirimkan ke server serta dicatat pada tabel riwayat.

***SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS
AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME***

4.2 Rancang Bangun Perangkat Keras



Gambar.2. Tampilan Perangkat Keras Alat Smart Feeder

Komponen utama perangkat keras SIPKOM disajikan pada Tabel 1.

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 Dev Kit V1	Unit pengendali utama; mengolah data sensor dan mengendalikan aktuator serta komunikasi Wi-Fi ke server.
2	Galon pakan (wadah penampung)	Menyimpan stok pakan; dipasang permanen padaudukan alat sehingga tidak perlu dilepas-pasang saat pengisian ulang.
3	Sistem penakar (dosing mechanism)	Motor DC/servo dengan ulir auger atau piringan putar yang mengatur jumlah pakan keluar sebesar 300–350 g per takaran.
4	Sensor proximity (IR/ultrasonik)	Mendeteksi ada/tidaknya pakan di dalam galon berdasarkan jarak permukaan pakan terhadap sensor.
5	Sensor pH	Membaca tingkat keasaman/kebasaan air kolam.
6	Sensor suhu tahan air (DS18B20)	Membaca suhu air kolam secara kontinu.

***SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS
AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME***

No	Komponen	Fungsi
7	Motor driver/relay module	Mengatur aktivasi motor penakar dan katup pengeluaran pakan berdasarkan sinyal dari ESP32.
8	Catu daya (adaptor 5V/12V)	Menyediakan daya untuk ESP32, sensor, dan motor.
9	Modul RTC (opsional)	Menjaga keakuratan waktu saat perangkat tidak terhubung internet, sebagai cadangan penjadwalan.
10	Kotak panel/enclosure	Melindungi ESP32 dan rangkaian elektronik dari debu dan percikan air.

Desain galon pakan menyatu permanen dengan rangka alat melalui corong (funnel) berbentuk kerucut (hopper) sehingga pengguna cukup mengisi pakan melalui lubang di bagian atas tanpa melepas galon, sekaligus mengurangi risiko tumpahnya pakan dan kerusakan sensor akibat pelepasan berulang. Sistem penakar menerapkan dua pendekatan yang dapat dipilih: penakaran berbasis waktu putar motor (open-loop) yang sederhana namun perlu dikalibrasi ulang bila jenis pakan berganti, atau penakaran berbasis berat menggunakan load cell dan modul HX711 (closed-loop) untuk akurasi yang lebih tinggi.

Sensor pH dan sensor suhu dipasang pada kedalaman 15–30 cm dari permukaan air agar merepresentasikan kondisi air secara keseluruhan dan menghindari dasar kolam yang berlumpur. Rentang baca normal yang ditetapkan adalah pH 6,5–8,5 dan suhu 24–30°C, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Parameter	Rentang Baca Normal	Satuan
pH air kolam	6,5 – 8,5	pH
Suhu air kolam	24 – 30	°C

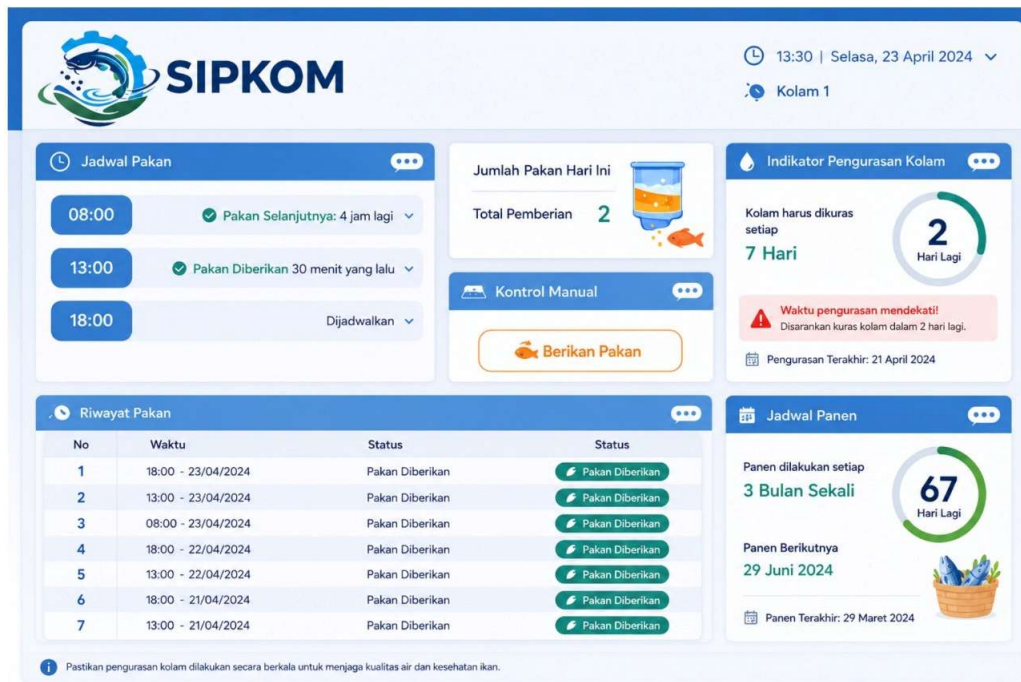
4.3 Perancangan Firmware ESP32

Firmware ESP32 dibagi menjadi enam modul fungsi: (1) koneksi Wi-Fi dan sinkronisasi waktu (NTP); (2) pembacaan sensor proximity, pH, dan suhu setiap 5–10 detik; (3) pengiriman data sensor ke server melalui REST API (HTTP POST); (4) pengecekan jadwal pakan, termasuk cadangan (fallback) lokal saat koneksi internet terputus; (5) penerimaan perintah pemberian pakan manual dari server melalui polling; dan (6) aktuasi motor penakar dan katup pengeluaran beserta pencatatan hasil pemberian pakan.

**SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS
AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME**

Pembacaan sensor pH pada firmware dikonversi dari tegangan analog menjadi nilai pH menggunakan persamaan linear hasil kalibrasi ($pH = a \cdot V + b$), sedangkan durasi aktivasi motor penakar ditentukan oleh konstanta hasil kalibrasi (DOSING_DURATION_MS) yang diperoleh melalui pengujian penimbangan berulang. Praktik baik yang diterapkan pada firmware meliputi penggunaan watchdog timer agar ESP32 dapat melakukan restart otomatis saat program mengalami hang, penyimpanan status jadwal pada memori non-volatile, serta mekanisme retry saat pengiriman data ke server gagal.

4.4 Perancangan dan Implementasi Website Monitoring



Gambar.3 Tampilan Website

Website SIPKOM dikembangkan dengan arsitektur tiga lapis: frontend (antarmuka dashboard, jadwal, riwayat, dan form pemberian pakan manual), backend/API (autentikasi, logika bisnis, dan REST API untuk ESP32), serta basis data relasional untuk menyimpan data pengguna, jadwal, riwayat pemberian pakan, dan log sensor. Rancangan REST API utama disajikan pada Tabel 3.

Endpoint	Metode	Fungsi
/api/sensor	POST	Menerima data pH, suhu, dan status pakan dari ESP32.
/api/sensor/latest	GET	Mengambil data sensor terbaru untuk ditampilkan pada dashboard.

***SIPKOM: RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERI PAKAN KOLAM OTOMATIS TERPADU
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DAN WEBSITE UNTUK MONITORING KUALITAS
AIR DAN PAKAN IKAN SECARA REAL-TIME***

Endpoint	Metode	Fungsi
/api/schedule/today	GET	Diakses ESP32 untuk memeriksa jadwal pakan hari ini.
/api/schedule	POST/GET	Membuat atau melihat daftar jadwal pakan mendatang.
/api/manual-feed	POST	Dipicu pengguna dari website untuk memberi pakan manual.
/api/manual-feed/pending	GET	Diakses ESP32 untuk memeriksa perintah pemberian pakan manual yang belum dieksekusi.
/api/feeding-log	POST/GET	Mencatat hasil eksekusi pemberian pakan dan menampilkan riwayat.

5.

Website menyediakan empat fitur utama. Pertama, dashboard monitoring real-time yang menampilkan indikator ketersediaan pakan, nilai pH, dan suhu terkini dengan kode warna untuk memudahkan interpretasi. Kedua, manajemen jadwal pakan yang memungkinkan pemilik dan penjaga kolam menambah, mengubah, atau menghapus jadwal, dengan status yang otomatis berubah menjadi selesai setelah dieksekusi alat. Ketiga, riwayat pemberian pakan yang mencatat seluruh kejadian pemberian pakan baik otomatis maupun manual, lengkap dengan waktu, berat realisasi, dan status keberhasilan, dilengkapi fitur pencarian dan filter tanggal. Keempat, fitur pemberian pakan manual yang memungkinkan pengguna memicu proses pemberian pakan kapan pun dibutuhkan di luar jadwal, misalnya saat ikan tampak kurang aktif makan.

4.5 Kalibrasi Sistem

Kalibrasi sensor pH dilakukan melalui pendekatan dua atau tiga titik menggunakan larutan buffer standar pH 4,0, 6,86, dan 9,18, dengan hasil berupa konstanta slope dan offset yang dimasukkan ke firmware. Kalibrasi sensor suhu dilakukan dengan membandingkan pembacaan DS18B20 terhadap termometer digital standar pada minimal dua titik suhu berbeda untuk menentukan nilai koreksi (offset). Kalibrasi sistem penakar dilakukan dengan menjalankan motor pada durasi awal tertentu, menimbang hasil takaran, kemudian menyesuaikan durasi putar motor secara iteratif hingga berat pakan yang keluar konsisten berada pada rentang target 300–350 gram pada minimal lima kali pengujian berturut-turut. Ketiga kalibrasi ini bersifat wajib diulang secara berkala, khususnya saat terjadi penggantian jenis pakan, penggantian probe sensor, atau ditemukan selisih pembacaan yang signifikan terhadap alat ukur pembanding.

4.6 Pembahasan

Hasil rancang bangun menunjukkan bahwa pendekatan integrasi tiga lapis (perangkat keras, firmware, dan website) memungkinkan SIPKOM menjalankan otomatisasi pemberian pakan sekaligus pemantauan kualitas air tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan, karena konektivitas Wi-Fi bawaan ESP32 telah mencukupi kebutuhan pengiriman data secara berkala. Desain galon pakan permanen dengan corong hopper terbukti menyederhanakan proses pengisian ulang dibandingkan desain yang mengharuskan pelepasan galon, sejalan dengan temuan penelitian sejenis bahwa penyumbatan pakan (feed bridging) sering menjadi kendala utama pada sistem penakar berbasis auger apabila desain hopper tidak diperhatikan.

Pemilihan mekanisme penakaran berbasis waktu putar (open-loop) sebagai pendekatan utama, dengan opsi penambahan load cell untuk pendekatan closed-loop, memberikan keseimbangan antara kesederhanaan biaya implementasi dan akurasi takaran. Pendekatan ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan hubungan linear yang kuat antara durasi putar motor dan berat pakan yang dihasilkan setelah proses kalibrasi. Adapun ketergantungan pada kalibrasi ulang saat pergantian jenis pakan menjadi keterbatasan yang perlu diantisipasi melalui prosedur pemeliharaan berkala.

Dari sisi aplikasi web, pembagian peran pengguna (pemilik kolam dan penjaga kolam) beserta fitur riwayat dan jadwal pakan memberikan nilai tambah berupa transparansi dan akuntabilitas proses pemberian pakan, yang selama ini sulit didokumentasikan pada praktik manual. Penggunaan REST API sebagai jalur komunikasi utama juga memberi fleksibilitas pengembangan lanjutan, misalnya migrasi ke protokol MQTT untuk efisiensi daya dan bandwidth yang lebih baik pada implementasi skala lebih luas. Secara keseluruhan, SIPKOM diproyeksikan mampu menjawab dua permasalahan utama mitra, yaitu inkonsistensi pemberian pakan manual dan minimnya pemantauan kualitas air, sekaligus membuka peluang pengembangan lanjutan seperti penambahan sensor oksigen terlarut (DO), notifikasi otomatis, dan aplikasi mobile pendamping.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

SIPKOM merupakan solusi terintegrasi untuk mengotomatisasi proses pemberian pakan pada kolam budi daya ikan sekaligus memantau parameter kualitas air secara real-time. Melalui integrasi perangkat keras berbasis ESP32, sensor proximity, sensor pH, dan sensor suhu dengan sistem penakar pakan yang telah dikalibrasi pada rentang 300–350 gram, serta website monitoring yang menyediakan dashboard, manajemen jadwal, riwayat, dan fitur pemberian pakan manual, sistem ini dirancang untuk menjawab permasalahan inkonsistensi pemberian pakan manual dan minimnya pemantauan kualitas air pada mitra pembudidaya ikan di Desa Gugut. Keberhasilan implementasi SIPKOM sangat bergantung pada ketelitian proses perakitan, kalibrasi sensor dan sistem penakar, serta konsistensi pelaksanaan pemeliharaan berkala.

Beberapa saran pengembangan lanjutan yang dapat dilakukan pada penelitian atau pengembangan berikutnya antara lain:

- Menambahkan sensor kualitas air tambahan seperti sensor oksigen terlarut (DO) dan kekeruhan (turbidity) untuk pemantauan yang lebih komprehensif.
- Menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi pesan atau email ketika pakan hampir habis atau parameter air keluar dari rentang normal.
- Menerapkan protokol MQTT sepenuhnya untuk menggantikan mekanisme polling HTTP agar komunikasi data lebih efisien dan hemat daya.
- Mengembangkan aplikasi mobile pendamping website agar pemantauan dapat dilakukan lebih praktis melalui perangkat seluler.
- Melakukan pengujian lapangan jangka panjang pada mitra Desa Gugut untuk memperoleh data kuantitatif mengenai akurasi kalibrasi dan tingkat keandalan sistem dalam kondisi operasional nyata.

DAFTAR REFERENSI

- Abu-Khadrah, A., Issa, G. F., Aslam, S., Shahzad, M., Ateeq, K., & Hussain, M. (2022). IoT based smart fish-feeder and monitoring system. 2022 International Conference on Business Analytics for Technology and Security (ICBATS). <https://doi.org/10.1109/ICBATS54253.2022.9759058>
- Ibrahim, A. M., & Setiyadi, D. (2021). Internet of Things (IoT) untuk monitoring dan pengendalian pH air, suhu air, serta pemberian pakan ikan guppy pada akuarium menggunakan aplikasi WhatsApp. Jurnal Telectrical.
- Yildiz, H. Y., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: Its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces — A review. Water, 9(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/w9010013>
- Zunaidi, R. A., Annisa, A. R., Amifia, L. K., Agnia, N., Hamidah, D. N. A., Aryabawa, N. M. N., & Auliya, D. I. (2024). ESP32 IoT auger-based automatic feeder for fish pellets. Salaga: Jurnal Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Tim Penyusun SIPKOM. (2026). Buku panduan pembuatan, penggunaan, dan pemeliharaan alat dan website SIPKOM (Sistem Pemberi Pakan Kolam Otomatis Terpadu). PPK Ormawa HMVE, Universitas Jember.
- Aljehani, F., N'Doye, I., & Laleg-Kirati, T. M. (2023). Feeding control and water quality monitoring in aquaculture systems: Opportunities and challenges. arXiv preprint arXiv:2306.09920. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.09920>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2014). Handbook for aquaculture water quality. Craftmaster Printers.
- Duangwongsa, J., Ungsethaphand, T., Akaboot, P., Khamjai, S., & Unankard, S. (2021). Real-time water quality monitoring and notification system for aquaculture. 2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering, 9–13. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNC51128.2021.9425744>
- Espressif Systems. (2023). ESP32 series datasheet. Espressif Systems.
- Fielding, R. T. (2000). Architectural styles and the design of network-based software architectures [Doctoral dissertation, University of California, Irvine].
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L. M., Schellewald, C., Skoien, K. R., Alver, M. O., & Berckmans, D. (2018). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. Biosystems Engineering, 173, 176–193. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014>
- Hargreaves, J. A., & Tucker, C. S. (2004). Managing ammonia in fish ponds (SRAC Publication No. 4603). Southern Regional Aquaculture Center.

- Idachaba, F. E., Olowoleni, J. O., Ibhaze, A. E., & Oni, O. O. (2017). IoT enabled real-time fishpond management system. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, 1, 25–27.
- Karim, S., Hussain, I., Hussain, A., Hassan, K., & Iqbal, S. (2021). IoT based smart fish farming aquaculture monitoring system. *International Journal of Emerging Technology*, 12(2), 45–53.
- Lee, P. G. (1995). A review of automated control systems for aquaculture and design criteria for their implementation. *Aquacultural Engineering*, 14(3), 205–227. [https://doi.org/10.1016/0144-8609\(94\)00015-A](https://doi.org/10.1016/0144-8609(94)00015-A)
- Lin, J.-Y., Tsai, H.-L., & Lyu, W.-H. (2021). An integrated wireless multi-sensor system for monitoring the water quality of aquaculture. *Sensors*, 21(24), 8179. <https://doi.org/10.3390/s21248179>
- Mustapha, M. K. (2017). Comparative assessment of the water quality of four types of aquaculture ponds under different culture systems. *Advances in Research in Life Sciences*, 1(1), 104–110. <https://doi.org/10.1515/arls-2017-0017>
- Naik, G. P., & Bapat, A. U. (2020). A brief comparative analysis on application layer protocols of internet of things: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 9(9), 135–141.
- Olanubi, O. O., Akano, T. T., & Asaolu, O. S. (2024). Design and development of an IoT-based intelligent water quality management system for aquaculture. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 11, 15. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00139-z>
- Parra, L., Lloret, G., Lloret, J., & Rodilla, M. (2018). Physical sensors for precision aquaculture: A review. *IEEE Sensors Journal*, 18(10), 3915–3923. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2817158>
- Parra, L., Sendra, S., García, L., & Lloret, J. (2018). Design and deployment of low-cost sensors for monitoring the water quality and fish behaviour in aquaculture tanks during the feeding process. *Sensors*, 18(3), 750. <https://doi.org/10.3390/s18030750>
- Saha, S., Hasan Rajib, R., & Kabir, S. (2018). IoT based automated fish farm aquaculture monitoring system. 2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET), 201–206.
- Simbeye, D. S., Zhao, J., & Yang, S. (2014). Design and deployment of wireless sensor networks for aquaculture monitoring and control based on virtual instruments. *Computers and Electronics in Agriculture*, 102, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.01.004>
- Vo, T. T. E., Ko, H., Huh, J.-H., & Kim, Y. (2021). Overview of smart aquaculture system: Focusing on applications of machine learning and computer vision. *Electronics*, 10(22), 2882. <https://doi.org/10.3390/electronics10222882>
- Yokotani, T., & Sasaki, Y. (2016). Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT. 2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCEREC.2016.7814989>