

Perancangan Alat Pemberi Pakan Ikan Gurami Otomatis Serta Pemantauan Suhu Dan Kadar Ph Air Berbasis *Internet Of Things*

Ismail An Nuruddhuha^{1*}, Yuliarman Saragih², Lela Nurpulaela³

¹ Universitas Singaperbangsa Karawang; email : ismail.annuruddhuha18039@student.unsika.ac.id

² Universitas Singaperbangsa Karawang; email : yuliarman@staff.unsika.ac.id

³ Universitas Singaperbangsa Karawang; email : lela.nurpulaela@ft.unsika.ac.id

* Penulis : Ismail An Nuruddhuha

Abstract: The high participation of Indonesian fish consumption in 2023, reaching 91.94%, indicates the significant potential for fish farming in Indonesia. Freshwater fish, in particular, offer numerous advantages, including easy maintenance and relatively lower investment costs compared to saltwater fish. Gourami is one of the most popular fish in Indonesia due to its health benefits. Furthermore, its price is relatively high and stable on the market. Although gourami is easy to cultivate, basic care, such as regular feeding and water quality monitoring, is still necessary for optimal results. A common problem faced by fish farmers is the indeterminate time available for feeding and manual water monitoring. This can lead to decreased yields and even loss of profits. By designing an automatic gourami fish feeder and monitoring water temperature and pH levels based on the Internet of Things, farmers can feed automatically at specified times, or manually via smartphone, and monitor the pH and temperature of the gourami pond water. This tool has an accuracy level of % with an error of %.

Keywords: Gourami; Feeder; Automatic; Internet of Things; Telegram.

Abstrak: Besarnya partisipasi konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 2023 yang mencapai angka 91.94% merupakan sebuah pertanda bahwa peluang usaha budidaya ikan di Indonesia sangatlah besar. Terutama ikan air tawar yang memiliki banyak kelebihan, yaitu perawatan yang mudah dan modal usaha yang relatif lebih rendah dibandingkan ikan air asin. Ikan gurami merupakan salah satu ikan yang paling disukai oleh masyarakat Indonesia karena mengkonsumsinya sangat baik bagi kesehatan tubuh. Selain itu, harga jual ikan gurami relatif lebih mahal dan stabil di pasaran. Walaupun mudah untuk membudidayakan ikan gurami, perlakuan dasar seperti memberi pakan secara teratur dan pemantauan kualitas air tetap diperlukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Terdapat permasalahan umum yang dialami pembudidaya, yaitu tidak menentunya waktu yang dimiliki oleh pembudidaya untuk memberikan pakan dan pemantauan air secara manual. Hal tersebut bisa menyebabkan menurunnya hasil panen, bahkan bisa saja menyebabkan hilangnya keuntungan. Pada perancangan alat pemberi pakan ikan gurami otomatis serta pemantauan suhu dan kadar ph air berbasis Internet of Things, pembudidaya dapat memberikan pakan secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan dan juga bisa dilakukan secara manual melalui smartphone serta dapat memantau kadar pH dan suhu air kolam ikan gurami. Alat ini memiliki tingkat akurasi % dengan error %

Kata kunci: Gurami; Pemberi Pakan; Otomatis; Internet of Things; Telegram.

Diterima: February 04, 2026

Direvisi: February 22, 2026

Diterima: February 24, 2026

Diterbitkan: March 2, 2026

Versi sekarang: March 3, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Indonesia dianugerahi kekayaan sumber daya alam air yang melimpah di berbagai daerah. Kondisi geografis yang menguntungkan ini membuka peluang usaha yang sangat potensial bagi masyarakat, salah satunya adalah sektor pembudidayaan ikan. Budidaya ikan telah terbukti menjadi sektor yang menguntungkan, baik dijalankan sebagai usaha utama maupun sebagai kegiatan sampingan yang menambah pendapatan keluarga. Tingginya minat masyarakat terhadap konsumsi ikan turut memperkuat potensi ekonomi sektor ini. Data dari

Badan Pangan Nasional menunjukkan bahwa partisipasi konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 2023 mencapai angka 91,94% 22. Capaian ini mengindikasikan bahwa pasar untuk produk perikanan di Indonesia masih sangat luas dan menjanjikan, sehingga peluang usaha di bidang budidaya ikan, termasuk ikan air tawar, terbuka lebar.

Ikan air tawar menjadi primadona dalam dunia budidaya karena memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan ikan air asin. Proses budidayanya relatif mudah, ketahanannya terhadap penyakit cukup baik, dan modal yang diperlukan cenderung lebih rendah 33. Di antara beragam jenis ikan air tawar, ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) menempati posisi istimewa di hati masyarakat Indonesia. Ikan ini tidak hanya digemari karena rasanya yang lezat dan manfaatnya bagi kesehatan tubuh, tetapi juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Harga jual ikan gurami yang stabil dan cenderung lebih mahal di pasaran menjadi daya tarik tersendiri bagi para pembudidaya, menjadikannya komoditas yang sangat menguntungkan untuk dikembangkan 44.

Meskipun menawarkan berbagai kelebihan, proses pembudidayaan ikan gurami yang optimal tetap memerlukan perlakuan dasar yang konsisten. Perlakuan tersebut mencakup pemberian pakan secara teratur dan pemantauan kondisi kesehatan air, terutama parameter kualitas air seperti suhu dan kadar pH. Sayangnya, realitas di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar pembudidaya masih menggunakan metode manual dalam mengelola kolam mereka. Pemberian pakan seringkali dilakukan tidak terjadwal karena kesibukan lain yang dimiliki pembudidaya. Sementara itu, pemantauan kualitas air masih mengandalkan metode konvensional seperti mengamati perubahan warna dan bau air, atau bahkan sekadar menyelupkan tangan ke dalam kolam 33. Praktik semacam ini tentu sangat subjektif dan tidak akurat.

Tidak hanya pada skala kecil, bahkan di beberapa penangkaran ikan, proses pengukuran kadar pH masih dilakukan secara manual dan sangat jarang dilaksanakan. Metode yang umum digunakan adalah pengambilan sampel air dengan kertas lakmus, lalu membandingkan perubahan warna yang terjadi dengan skala warna standar 55. Pendekatan ini tidak hanya merepotkan, tetapi juga kurang presisi. Akibatnya, kondisi kualitas air yang tidak ideal seringkali tidak terdeteksi secara dini, sehingga dapat menyebabkan stres pada ikan yang pada gilirannya menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas.

Di era kemajuan teknologi saat ini, berbagai permasalahan dalam budidaya ikan gurami dapat diatasi melalui sistem otomatisasi. Teknologi mikrokontroler memungkinkan perancangan sistem pemberian pakan otomatis yang terjadwal menggunakan *timer*, sehingga pembudidaya tidak lagi bergantung pada ingatan dan waktu luang mereka. Selain itu, penggunaan sensor pH dan sensor suhu memungkinkan pemantauan kualitas air kolam secara *real-time* dan akurat. Sistem ini dapat dirancang untuk memberikan pakan secara periodik sesuai jadwal yang telah ditetapkan, sekaligus memudahkan pembudidaya dalam memastikan kualitas air tetap optimal untuk mendukung pertumbuhan ikan yang maksimal. Dengan pemantauan yang terus-menerus, kondisi abnormal seperti perubahan pH atau suhu yang drastis dapat segera diketahui, sehingga tindakan korektif dapat diambil lebih cepat.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Ikan Gurami dan Parameter Kualitas Air

Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) merupakan ikan air tawar asli Indonesia yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan digemari masyarakat karena manfaatnya bagi kesehatan tubuh. Ikan ini termasuk dalam ordo Labyrinthici yang dilengkapi organ pernapasan tambahan berupa labirin, sehingga mampu bertahan hidup di perairan dengan kadar oksigen terlarut yang rendah 66, 88. Keberadaan organ labirin ini menjadikan ikan gurami lebih adaptif terhadap fluktuasi kondisi lingkungan, namun tetap memerlukan kualitas air yang sesuai untuk pertumbuhan optimal.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-7241-2006), benih ikan gurami dapat hidup baik pada kisaran suhu 25–30°C. Adapun kadar pH air yang optimal untuk pembesaran benih ikan gurami adalah 6,5–8,5 99. Parameter suhu dan pH ini menjadi indikator kunci dalam pemantauan kualitas air kolam. Suhu di luar rentang optimal dapat mempengaruhi metabolisme dan nafsu makan ikan, sementara pH yang terlalu asam atau basa dapat menyebabkan stres, menghambat pertumbuhan, bahkan menyebabkan kematian. Oleh karena itu, pemantauan kedua parameter secara berkala dan akurat merupakan faktor krusial dalam keberhasilan budidaya ikan gurami.

2.2. Sistem Otomatisasi Berbasis Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler merupakan sistem komputer terpadu dalam sebuah chip IC yang dirancang untuk melaksanakan fungsi-fungsi khusus secara terprogram. Karakteristik ini menjadikannya ideal untuk aplikasi-aplikasi terdedikasi yang menuntut efisiensi dan keandalan tinggi, dengan biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan sistem komputer lainnya 1010.

- ESP32 adalah mikrokontroler berbiaya rendah dan hemat energi yang diproduksi oleh Espressif System. Beberapa fitur utama ESP32 yang relevan dengan penelitian ini meliputi 1111:
- Komunikasi nirkabel terintegrasi (Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth v4.2), yang menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi Internet of Things (IoT)
- Dukungan berbagai protokol komunikasi seperti I2C, UART, dan SPI untuk menghubungkan sensor-sensor pendukung
- Manajemen daya dengan mode deep sleep yang memungkinkan penggunaan perangkat berdaya baterai panjang
- GPIO hingga 36 pin, memungkinkan konektivitas dengan berbagai komponen seperti sensor pH, sensor suhu, sensor ultrasonik, motor servo, dan LCD

Dalam sistem yang dirancang, ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang memproses data dari sensor-sensor, mengendalikan aktuator (motor servo dan motor DC), menampilkan informasi pada LCD, serta mengirimkan data pemantauan ke smartphone pengguna melalui bot Telegram dengan memanfaatkan koneksi Wi-Fi.

2.3. Sensor Pengukuran Suhu dan pH

2.3.1 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 merupakan sensor suhu digital dengan ADC internal 12-bit yang bekerja pada tegangan referensi 5 Volt. Sensor ini memiliki akurasi tinggi dengan tingkat kesalahan maksimum $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dalam rentang suhu -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$ 1515. Rentang ini mencakup kebutuhan pemantauan suhu kolam ikan gurami yang optimal pada $25-30^{\circ}\text{C}$.

Keunggulan utama sensor DS18B20 adalah penggunaan protokol komunikasi *1-Wire*, yang memungkinkan data dikirim dan diterima melalui satu jalur komunikasi saja. Selain itu, setiap unit sensor memiliki kode identifikasi unik 64-bit yang tertanam dalam chip, sehingga memungkinkan penggunaan banyak sensor secara bersamaan dalam satu jaringan data tanpa konflik 1515. Hal ini memberikan fleksibilitas untuk pengembangan sistem dengan multiple titik pengukuran suhu.



Gambar 1. Sensor Suhu DS18B20

2.3.2 Sensor pH PH-4502C

Sensor pH bekerja berdasarkan prinsip konversi reaksi kimia menjadi sinyal listrik, di mana perubahan konsentrasi ion hidrogen (H^+) yang terdeteksi oleh elektroda akan diubah menjadi tegangan listrik yang merepresentasikan nilai pH larutan 1414. Modul PH-4502C memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut 1414:

- Tegangan operasional: $5 \pm 0,2\text{V}$ (AC/DC)
- Rentang pengukuran pH: 0–14
- Suhu kerja: $0-80^{\circ}\text{C}$
- Waktu respon: ≤ 5 detik
- Waktu stabilisasi: ≤ 60 detik
- Konsumsi daya: $\leq 0,5$ watt

Modul ini biasanya dipasang dengan elektroda tipe E-201 yang memiliki akurasi hingga 98,5% dan port konektor BNC. Rentang pengukuran pH 0–14 mencakup kebutuhan

pemantauan pH optimal ikan gurami (6,5–8,5), dengan akurasi yang memadai untuk mendeteksi perubahan kondisi air kolam secara dini.



Gambar 2. Sensor pH PH-4502C

2.4. Internet of Things (IoT) dan Integrasi Bot Telegram

2.4.1 Konsep dan Cara Kerja IoT

Internet of Things (IoT) adalah sebuah jaringan perangkat yang tersambung dan berguna untuk mendukung proses komunikasi antar perangkat. Objek-objek dalam IoT dapat menggunakan maupun menghasilkan layanan-layanan dan saling bekerjasama untuk mencapai suatu tujuan bersama. Pada dasarnya, perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi, dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor untuk dianalisis [25, 26].

Prinsip dasar kerja IoT adalah benda di dunia nyata diberikan identitas unik (seperti IP address) dan dapat direpresentasikan dalam bentuk data di sistem komputer, memanfaatkan jaringan internet untuk berkomunikasi dengan benda lain secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut [27].

2.4.2 Bot Telegram sebagai Antarmuka Pengguna

Telegram merupakan aplikasi pesan singkat yang menyediakan API bagi pengguna untuk dapat membuat bot yang bisa dimanfaatkan untuk sistem informasi [28]. Bot adalah aplikasi pihak ketiga yang dapat dijalankan di dalam Telegram, di mana pengguna dapat mengirim pesan, perintah, dan inline request melalui HTTPS ke API telegram.

- Dalam penelitian ini, bot Telegram dimanfaatkan sebagai antarmuka pengguna untuk:
- Menyampaikan informasi terkait suhu dan pH air kolam secara *real-time*
- Memberikan notifikasi ketersediaan pakan berdasarkan data sensor ultrasonik
- Menerima perintah dari pengguna untuk mengakses data pemantauan dari jarak jauh
- Menyediakan sistem peringatan dini jika terjadi keabnormalan pada parameter kualitas air

Integrasi ESP32 dengan bot Telegram memungkinkan pembudidaya untuk memantau kondisi kolam ikan gurami kapan saja dan dari mana saja melalui smartphone, sehingga dapat mengambil tindakan cepat jika diperlukan tanpa harus berada di lokasi kolam secara fisik.

3. Metode Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong dalam jenis penelitian Research and Development (R&D). Metode penelitian dan pengembangan (R&D) merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu sekaligus menguji tingkat efektivitas dari produk tersebut [32]. Metode R&D dilakukan secara terencana dan sistematis, dengan tujuan untuk menciptakan produk baru ataupun menyempurnakan produk yang telah ada melalui serangkaian uji coba, sehingga produk yang dihasilkan memiliki validitas dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah [33]. Dalam konteks penelitian ini, produk yang dikembangkan adalah alat pemberi pakan ikan gurami otomatis yang dilengkapi dengan sistem pemantauan suhu dan kadar pH air berbasis Internet of Things (IoT).

3.2. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah metode penelitian *Research and Development* (R&D) yang diterapkan dalam penelitian ini mengacu pada sepuluh tahapan pengembangan [32], yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian:

- Potensi dan Masalah: Identifikasi permasalahan dalam budidaya ikan gurami, yaitu pemberian pakan tidak terjadwal dan pemantauan kualitas air yang masih manual.
- Pengumpulan Data: Pengumpulan data dan informasi yang dibutuhkan sebagai referensi perancangan produk.
- Desain Produk: Perancangan desain produk baru lengkap dengan spesifikasi detail dalam bentuk gambar atau bagan.
- Validasi Desain: Penilaian rancangan produk oleh tenaga ahli yang berpengalaman.
- Perbaikan Desain: Penyempurnaan desain berdasarkan masukan dari validator.
- Uji Coba Produk: Pengujian sistem dalam skala kecil untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi.
- Revisi Produk: Perbaikan produk berdasarkan hasil uji coba.
- Uji Coba Pemakaian: Penerapan sistem dalam kondisi nyata pada lingkup yang lebih luas.
- Revisi Produk: Penyempurnaan akhir jika ditemukan kekurangan dalam pemakaian nyata.
- Pembuatan Produk Masal: Produksi massal setelah produk dinyatakan efektif dan layak.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung dengan cara uji coba alat kepada salah satu pembudidaya ikan gurami. Data yang diobservasi berupa hasil pengamatan analisis respon sistem, serta perbandingan hasil pengukuran antara alat yang dirancang dengan alat ukur konvensional yang dijual di pasaran.

3.3.1 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian adalah masyarakat umum atau pembudidaya ikan gurami, dalam hal ini Bapak Nur Rohmat, warga Desa Setiamekar Kecamatan Tambun Selatan Kabupaten Bekasi [34]. Objek penelitian adalah nilai perbandingan antara sensor suhu DS18B20 dan sensor pH PH-4502C yang dirancang pada alat, dengan thermometer dan pH meter konvensional. Dari objek penelitian ini dapat ditarik kesimpulan berupa tingkat kesalahan, ketepatan, dan konsistensi pengukuran sistem [35].

3.2 Waktu dan Tempat Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada rentang waktu Juni hingga Juli 2025 di lokasi kolam ikan milik pembudidaya Bapak Nur Rohmat, Desa Setiamekar, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi.

3.4. Spesifikasi dan Perancangan Sistem

3.4.1 Spesifikasi Alat

Alat pemberi pakan ikan gurami otomatis dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Alat

Spesifikasi	Keterangan
Metode Pemberian Pakan	Manual dan Otomatis
Akurasi	>95%
Konektivitas	Wi-Fi
Tampilan/Display	LCD 20×4, Aplikasi Telegram, SCC, Multimeter
Tegangan Sistem	3.3V – 12V DC
Kapasitas Baterai	108 Wh (12V 9Ah)

3.4.2 Identifikasi Kebutuhan Komponen

Berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan, komponen yang dibutuhkan dalam perancangan alat ini meliputi:

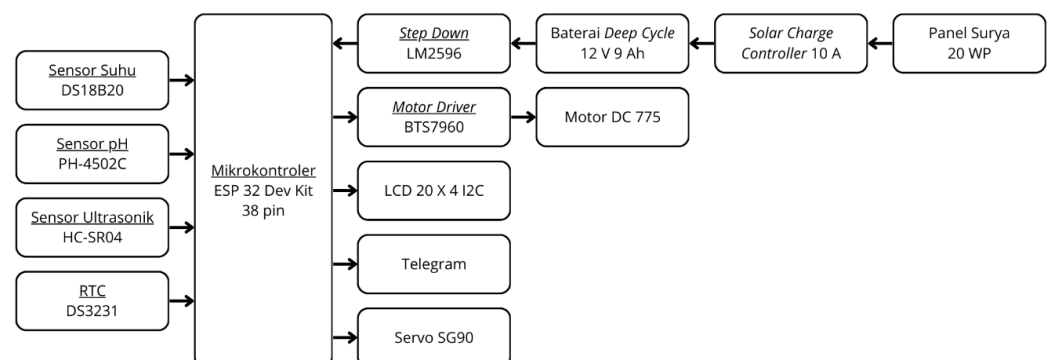
Tabel 2. Identifikasi Kebutuhan Komponen

Komponen	Jumlah	Fungsi
ESP32 Devkit V1 38 Pin	1	Mikrokontroler utama
RTC DS3231	1	Modul waktu real-time
Sensor DS18B20	1	Sensor suhu air
Sensor PH-4502C	1	Sensor pH air
Sensor HC-SR04	1	Sensor jarak/level pakan
LCD 20×4 I2C	1	Display lokal
Battery 12V 9Ah	2	Sumber daya utama
Step Down DC LM2596	1	Penurun tegangan
Motor DC 775	1	Penggerak pelontar pakan
Motor Servo SG90	1	Penggerak tutup wadah pakan
Motor Driver BTS7960	1	Pengendali motor DC
Panel Surya 20 WP	1	Pengisi daya baterai
SCC 10A PWM	1	Kontrol pengisian baterai
Multimeter 12V 10A	1	Pembaca tegangan dan arus

3.4.3 Perancangan Perangkat Keras

Secara umum, sistem terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

- Bagian Input: Sensor DS18B20 (suhu), sensor PH-4502C (pH), sensor HC-SR04 (level pakan), dan RTC DS3231 (waktu).
- Bagian Proses: Mikrokontroler ESP32 yang memproses data dari sensor dan mengendalikan aktuator.
- Bagian Output: LCD 20×4, motor servo SG90, motor DC 775 dengan driver BTS7960, serta konektivitas ke aplikasi Telegram melalui Wi-Fi.

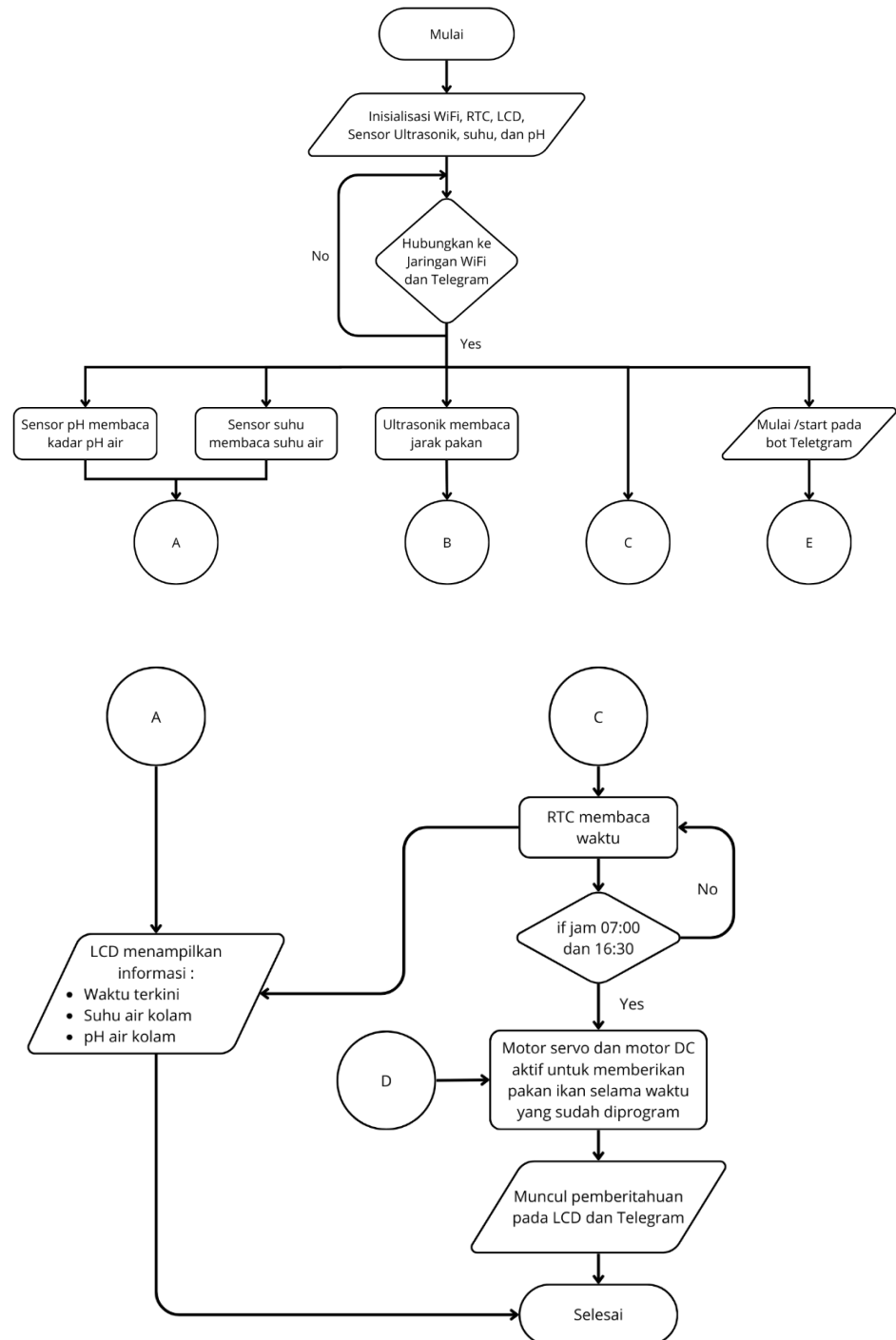


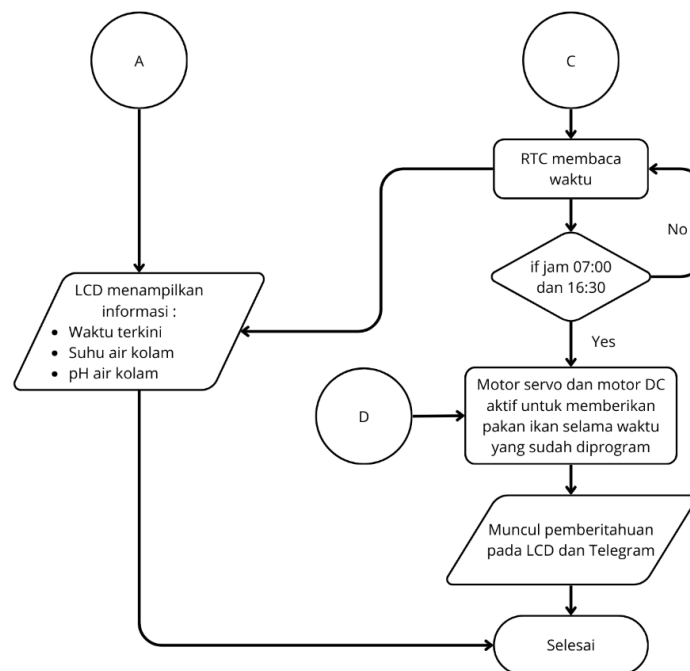
Gambar 1. Blok Diagram Sistem PITO

3.4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan bot Telegram sebagai antarmuka pengguna dan pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE. Diagram alir sistem secara umum mencakup:

- Inisialisasi seluruh perangkat yang terhubung pada sistem
- Koneksi ESP32 dengan jaringan internet
- Pembacaan data oleh sensor-sensor
- Penampilan data pada LCD dan pengiriman data ke bot Telegram
- Eksekusi pemberian pakan otomatis berdasarkan jadwal dari RTC
- Eksekusi pemberian pakan manual melalui perintah pada bot Telegram





Gambar 2. [A] [B] [C] Diagram Alir Kode Program Sistem PITO Secara Keseluruhan

3.5. Metode Pengujian

3.5.1 Pengujian Sistem Instrumentasi

Pengujian sistem instrumentasi dilakukan dengan cara mengukur dan menguji pada bagian sensor dan aktuator:

- Kalibrasi sensor pH PH-4502C dengan pH meter konvensional menggunakan larutan pH buffer 4.01 dan 6.86
- Perbandingan pembacaan sensor suhu DS18B20 dengan thermometer konvensional
- Pengukuran akurasi pembacaan jarak sensor ultrasonik HC-SR04
- Pengukuran jarak lontaran pakan dengan variasi duty cycle 50%, 100%, 150%, 200%, dan 250%
- Pengukuran takaran pakan yang sesuai dengan kebutuhan pembudidaya

3.5.2 Pengujian Sistem IoT

Pengujian sistem IoT dilakukan untuk memastikan kesesuaian antara perintah yang dikirim dan respon sistem:

- Pengujian konektivitas jaringan dan bot Telegram
- Pengujian aktivasi custom keyboard pada bot Telegram
- Pengujian pemberian pakan manual melalui aplikasi Telegram
- Pengujian pengaturan jadwal pakan otomatis melalui Telegram
- Pengujian pemantauan sisa pakan, pH air, suhu air, dan riwayat pemberian pakan
- Pengujian notifikasi kondisi suhu dan pH abnormal
- Pengujian kemampuan reconnect jika koneksi terputus

3.5.3 Pengujian Sistem Tenaga

Pengujian sistem tenaga dilakukan dengan mengamati proses pengisian baterai terhadap kondisi lingkungan dan cuaca, serta mengamati jumlah daya yang diserap oleh panel surya per hari.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian Sistem Instrumentasi

4.1.1. Kalibrasi dan Pengujian Sensor pH PH-4502C

Sensor PH-4502C menghasilkan tegangan analog yang tidak langsung menunjukkan nilai pH, sehingga diperlukan kalibrasi menggunakan metode dua titik (*2-point calibration*) berbasis interpolasi linier. Kalibrasi dilakukan menggunakan dua larutan *buffer* standar, yaitu pH 6.86 (*buffer* netral) dan pH 4.01 (*buffer* asam). Hasil kalibrasi menunjukkan tegangan sebesar 2.495 V untuk pH 6.86 dan 3.170 V untuk pH 4.01, sehingga diperoleh persamaan linier:

$$pH = (-4.2250) \times V + 17.4024$$

Untuk meningkatkan akurasi pembacaan, sistem menerapkan dua metode penstabilan tegangan: filter EMA (*Exponential Moving Average*) untuk menyaring *noise*, dan *buffer array* untuk memastikan stabilitas tegangan sebelum nilai pH dihitung.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor PH-4502C

Percobaan Ke-	Larutan	Pembacaan pH Meter	Pembacaan PITO	Selisih	Error (%)
1	pH Buffer 4.01	4.03	4.01	0.02	0.50
2	pH Buffer 6.86	6.89	6.85	0.04	0.58
3	Sabun mandi	7.65	7.55	0.10	1.31
4	Sabun cuci piring	7.19	7.14	0.05	0.70
5	Air kolam ikan	7.46	7.46	0.00	0.00
Rata-rata Error					0.62

Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *error* sebesar 0.62% dengan selisih terbesar 0.10, yang masih layak digunakan untuk pemantauan pH indikatif non-laboratorium. Keterbatasan yang ditemukan adalah lambatnya respons sensor jika terjadi lonjakan perubahan pH yang drastis, namun hal ini jarang terjadi pada kolam ikan dalam waktu singkat.

4.1.2 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan pembacaannya terhadap termometer air konvensional.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Percobaan ke-	Pembacaan Termometer (°C)	Pembacaan Sistem PITO (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	29.2	29.2	0.0	0.0
2	29.0	29.1	0.1	0.3
3	29.4	29.5	0.1	0.3
4	27.6	27.5	0.1	0.4
5	27.5	27.5	0.0	0.0
Rata-rata Error				0.2

Dengan selisih terbesar hanya 0.1°C dan rata-rata *error* 0.2%, sensor DS18B20 terbukti akurat dan dapat diandalkan untuk pemantauan suhu air kolam ikan gurami yang membutuhkan rentang optimal 25-30°C.

4.1.3 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor jarak dilakukan dengan membandingkan pembacaan sistem terhadap jarak sebenarnya menggunakan penghalang pada berbagai variasi jarak.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Sensor HC-SR04

Percobaan ke-	Jarak Sebenarnya (cm)	Pembacaan Sistem PITO (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	5	5.01	0.01	0.20
2	10	9.95	0.05	0.50
3	15	15.04	0.04	0.27
4	20	20.03	0.03	0.20
5	25	24.97	0.03	0.12
Rata-rata Error				0.26

Dengan rata-rata *error* hanya 0.26%, sensor HC-SR04 mampu membaca jarak dengan baik, memadai untuk fungsinya sebagai indikator ketersediaan pakan.

4.1.4 Pengujian Motor Servo SG90 untuk Takaran Pakan

Pengujian dilakukan untuk menentukan durasi bukaan servo yang menghasilkan takaran pakan sesuai kebutuhan pembudidaya (112 gram).

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Motor Servo

Putaran Servo (°)	Durasi Buka (detik)	Berat Pakan (gram)
90°	14	384
90°	12	316
90°	10	248
90°	8	183
90°	6	115

Dari hasil pengujian, durasi bukaan 6 detik menghasilkan berat pakan 115 gram, yang paling mendekati kebutuhan takaran 112 gram.

4.1.5 Pengujian Motor DC 775 terhadap Jarak Lontaran Pakan

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan *duty cycle* motor untuk mengetahui jarak lontaran pakan yang dihasilkan.

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Motor DC 775

Percobaan Ke-	Duty Cycle (%)	Jarak Lontaran (m)
1	50	0.3
2	100	1.5

3	150	2.3
4	200	4.1
5	250	5.8

Ditemukan adanya interferensi antara PWM motor DC dengan PWM motor servo yang menyebabkan melemahnya putaran motor DC hingga diperkirakan 50% dari RPM seharusnya. Hal ini menjadi catatan untuk pengembangan selanjutnya.

4.2. Hasil Pengujian Sistem Tenaga

Pengujian sistem tenaga menggunakan panel surya 20WP yang terhubung dengan SCC PWM 10A untuk mengisi baterai *deep cycle* 12V 9Ah (kapasitas 108 Wh). Pengamatan dilakukan menggunakan dua metode: *Interval Segment Method* dan *Average Sampling Method*.

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Panel Surya (*Interval Segment Method*)

Waktu (WIB)	Durasi (h)	V_avg (V)	I_avg (A)	Kapasitas (Ah)	Energi (Wh)
08:30-09:15	0.75	11.50	0.53	0.40	4.57
09:15-10:00	0.75	11.70	0.65	0.49	5.70
10:00-11:20	1.33	11.75	0.53	0.70	8.28
11:20-14:15	2.92	12.05	0.45	1.33	15.83
14:15-15:30	1.25	12.20	0.24	0.30	3.66
15:30-16:00	0.50	12.10	0.00	0.00	0.00
Total				≈ 3.22 Ah	≈ 38.04 Wh

Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Panel Surya (*Average Sampling Method*)

Waktu (WIB)	Durasi (h)	V_avg (V)	I_avg (A)	Energi (Wh)
07:00-08:00	1.00	12.06	0.30	3.62
08:00-09:00	1.00	12.28	0.39	4.00
09:00-10:00	1.00	12.38	0.41	5.07
10:00-11:00	1.00	12.56	0.56	7.03
11:00-12:00	1.00	12.66	0.54	6.83
12:00-13:00	1.00	12.70	0.50	6.35

Waktu (WIB)	Durasi (h)	V_avg (V)	I_avg (A)	Energi (Wh)
14:00	10	.58	34	28
15:00	10	.36	15	52
16:00	10	.30	10	10
				39.07 Wh

Dari kedua metode diperoleh total energi pengisian harian sekitar 38-40 Wh. Dengan kapasitas baterai 108 Wh, diperlukan waktu sekitar 3 hari untuk pengisian penuh dalam kondisi cuaca cerah. Waktu pengisian optimal terjadi pada pukul 10:00-13:00 WIB.

3. Hasil Pengujian Sistem *Internet of Things*

Pengujian sistem IoT dilakukan untuk memastikan seluruh fitur berbasis Telegram berfungsi sesuai rancangan. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Ringkasan Hasil Pengujian Sistem *Internet of Things*

No.	Fitur yang Diuji	Status
1	Menghubungkan sistem dengan jaringan internet dan aplikasi Telegram	Berhasil
2	Mengaktifkan <i>custom keyboard</i> pada bot Telegram	Berhasil
3	Pemberian pakan secara manual melalui aplikasi Telegram	Berhasil
4	Pengaturan jadwal pemberian pakan otomatis melalui Telegram	Berhasil
5	Pemantauan sisa pakan, suhu, pH, dan riwayat pemberian pakan	Berhasil
6	Menonaktifkan <i>custom keyboard</i>	Berhasil
7	Pembatasan kata/perintah yang tidak dikenal	Berhasil
8	Notifikasi suhu abnormal	Berhasil
9	Notifikasi pH abnormal	Berhasil
10	Menghubungkan kembali sistem saat jaringan terputus	Berhasil

Semua fitur IoT berjalan dengan sempurna sesuai harapan, yang memudahkan pengguna dalam memantau dan mengendalikan sistem pemberian pakan ikan gurami dari jarak jauh melalui *smartphone*.

5. Perbandingan

Penelitian ini mengembangkan teknologi akuakultur presisi yang mengintegrasikan otomatisasi, instrumentasi elektronik, dan IoT. Kebaruan penelitian ini terletak pada sistem dua arah berbasis bot Telegram yang memungkinkan interaksi langsung antara pengguna dan perangkat untuk pemantauan, pengaturan jadwal pakan, dan notifikasi abnormalitas. Dari sisi instrumentasi, penerapan kalibrasi dua titik dengan filter EMA menghasilkan akurasi pengukuran di atas 98% (error <1%), melampaui penelitian sebelumnya. Analisis sistem tenaga mandiri berbasis panel surya dilakukan secara kuantitatif dengan dua metode berbeda untuk memperoleh data empiris yang akurat. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi akuakultur 4.0 yang cerdas, terjangkau, dan mudah diadopsi pembudidaya skala kecil hingga menengah di Indonesia.

6. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian "Perancangan Alat Pemberi Pakan Ikan Gurami Otomatis serta Pemantauan Suhu dan Kadar pH Air Berbasis Internet of Things", dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, seluruh jenis pengukuran pada alat yang dirancang memiliki nilai error dan akurasi yang handal, yaitu dengan tingkat kesalahan kurang dari 2% dan akurasi di atas 98%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor-sensor yang digunakan, meliputi sensor pH PH-4502C, sensor suhu DS18B20, dan sensor ultrasonik HC-SR04, mampu bekerja dengan presisi tinggi untuk memantau parameter kualitas air dan ketersediaan pakan.

Kedua, pelontar pakan belum dapat mencapai potensi maksimalnya karena ditemukan adanya interferensi antara PWM motor DC dengan PWM motor servo yang menyebabkan penurunan putaran motor DC hingga sekitar 50% dari RPM seharusnya. Ketiga, berdasarkan pengujian sistem tenaga menggunakan panel surya 20WP, pengisian baterai optimal di hari cerah terjadi pada pukul 09:00 hingga 13:00 WIB. Keempat, dengan kapasitas baterai 12V 9Ah (108 Wh) dan rata-rata energi pengisian harian sebesar 38-40 Wh, diperlukan waktu setidaknya 3 hari dengan kondisi cuaca optimal untuk mengisi penuh baterai. Kelima, sistem Internet of Things yang dirancang berjalan tanpa hambatan, di mana seluruh fitur berbasis Telegram seperti pemberian pakan manual, pengaturan jadwal otomatis, pemantauan kondisi air, dan notifikasi abnormalitas berfungsi dengan baik sesuai rancangan.

Kontribusi Penulis: Penulis berkontribusi secara menyeluruh dalam perancangan dan pengembangan sistem, mulai dari desain perangkat keras dengan integrasi mikrokontroler ESP32 dan berbagai sensor, hingga pengembangan perangkat lunak berbasis IoT dengan bot Telegram sebagai antarmuka pengguna. Penulis juga melakukan kalibrasi sensor menggunakan metode dua titik dengan filter EMA yang berhasil mencapai akurasi di atas 98%, serta melakukan pengujian komprehensif pada seluruh subsistem termasuk analisis sistem tenaga surya menggunakan dua metode kuantitatif. Selain itu, penulis mengidentifikasi dan mendokumentasikan temuan penting seperti interferensi PWM pada motor DC, serta menyusun seluruh laporan penelitian secara sistematis dari latar belakang hingga kesimpulan dan saran pengembangan.

Pendanaan: Penelitian ini merupakan bagian dari tugas akhir atau skripsi yang didanai secara mandiri oleh peneliti. Seluruh biaya yang diperlukan untuk perancangan, pengembangan, dan pengujian alat, meliputi pembelian komponen elektronik seperti ESP32, sensor pH PH-4502C, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo SG90, motor DC 775, motor driver BTS7960, panel surya 20WP, solar charge controller, baterai, serta bahan pendukung lainnya, sepenuhnya berasal dari dana pribadi peneliti. Penelitian ini tidak mendapatkan sumber pendanaan eksternal dari lembaga pemerintah, institusi swasta, maupun hibah penelitian.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang digunakan dalam penelitian ini seluruhnya diperoleh melalui observasi dan pengujian langsung pada sistem yang dikembangkan. Seluruh data hasil pengujian, termasuk data kalibrasi sensor pH, pengujian sensor suhu DS18B20, pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, pengujian motor servo dan motor DC, data pengamatan sistem tenaga surya, serta hasil pengujian sistem IoT pada bot Telegram, telah disajikan secara lengkap dalam artikel ini. Data mentah (raw data) penelitian dapat diperoleh dengan menghubungi penulis melalui korespondensi email untuk keperluan verifikasi atau replikasi penelitian lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih: Peneliti mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas terselesainya penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada kedua orang tua tercinta atas doa dan dukungannya, dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya, serta Bapak Nur Rohmat selaku pembudidaya ikan gurami di Desa Setiamekar yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk pengambilan data penelitian. Terima kasih pula kepada rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini. Semoga segala kebaikan mendapat balasan yang berlimpah.

Konflik Kepentingan: Peneliti menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan secara mandiri, independen, tanpa afiliasi finansial atau hubungan komersial dengan pihak manapun yang dapat memengaruhi objektivitas hasil penelitian.

Referensi

- [1] K. Indartono, B. A. Kusuma dan A. P. Putra, "PERANCANGAN SISTEM PEMANTAU KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR," JOISM : Jurnal of Information System Management, vol. 1, no. 2, pp. 11-17, 2020.
- [2] Badan Pangan Nasional, "DIREKTORI PERKEMBANGAN KONSUMSI PANGAN NASIONAL DAN PROVINSI TAHUN 2019 - 2023," 2024. [Online]. Available: <http://badanpangannasional.go.id>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [3] Maryam, "PEMBERIAN PAKAN IKAN NILA OTOMATIS SERTA MENGECEK SUHU DAN KADAR PH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), vol. 11, no. 3, pp. 665-675, 1 Agustus 2023.
- [4] B. A. Pratama, T. Susilowati dan T. Yuniarti, "PENGARUH PERBEDAAN SUHU TERHADAP LAMA PENETASAN TELUR, DAYA TETAS TELUR, KELULUSHIDUPAN DAN PERTUMBUHAN BENIH IKAN GURAME (OSPHRONEMUS GOURAMY) STRAIN BASTAR," Jurnal Sains Akuakultur Tropis, vol. 2, no. 1, pp. 59-65, 2018.
- [5] B. A. Firdaus, R. Kridalukmana dan E. D. Widiyanto, "PEMBUATAN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN DAN PENGONTROL PH OTOMATIS," Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, vol. 4, no. 1, pp. 133-138, Januari 2016.
- [6] M. Kristina dan Sulantiwi, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MENENTUKAN KUALITAS BIBIT IKAN GURAME DI PEKON SUKOSARI MENGGUNAKAN APLIKASI VISUAL BASIC 6.0," Jurnal TAM (Technology Acceptance Model), vol. 4, pp. 26-33, Juli 2015.
- [7] Balai Budidaya Air Tawar Sukabumi, "INFORMASI TEKNIK PERIKANAN," 2002. [Online].
- [8] Departemen Pertanian, "BUDIDAYA GURAMI," Balai Informasi Pertanian Jawa Barat, Bandung, 1986.
- [9] SNI: 01-7241.2006, "PRODUKSI IKAN GURAME (OSPHRONEMUS GOURAMY, LAC) KELAS PEMBESARAN DI KOLAM," dalam Badan Standarisasi Nasional, 2006.
- [10] Perawati, "MIKROKONTROLER ATMEGA8535 SEBAGAI PENGENDALI ILLUMINASI LAMPU PENERANGAN," Jurnal Ampere, vol. 1, no. 2, Juli - Desember 2016.
- [11] Wiki, "ESP32," Wikipedia, [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [12] Y. Widiawati dan P. H. Islam, "PEMANFAATAN RTC (REAL TIME CLOCK) DS3231 UNTUK MENGHEMAT DAYA," Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, vol. 3, pp. 287-289, 2018.
- [13] H. Santoso, PANDUAN PRAKTIS ARDUINO UNTUK PEMULA V.1, Trenggalek, 2015.
- [14] G. A. Saputra, "ANALISIS CARA KERJA SENSOR PH-4502C MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO UNTUK MERANCANG ALAT PENGENDALIAN PH AIR PADA TAMBAK," 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/347563890>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [15] F. R. Ibrahim, F. T. Syifa dan H. Pujiharsono, "PENERAPAN SENSOR SUHU DS18B20 DAN SENSOR PH SEBAGAI OTOMATISASI PAKAN IKAN BERBASIS IOT," Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE), vol. 05, no. 02, pp. 63-73, 2023.
- [16] A. D. Permatasari, "IMPLEMENTASI KONTROLER PID PADA MOTOR DC RS-775 MESIN PENGUPAS DAN PENGIRIS BAWANG MERAH OTOMATIS DENGAN METODE ZIEGLER-NICHOLS TIPE 1," 2021. [Online]. Available: <https://repository.ub.ac.id>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [17] HandsOn Technology, "BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver, SKU: DRV-1012, User Guide," Handson Technology, [Online]. Available: <https://www.handsontec.com>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [18] R. Y. Demaniqga, "RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KERUSAKAN POLA BATIK MENGGUNAKAN METODE FIRST ORDER," 2019. [Online]. Available: <https://repository.dinamika.ac.id>. [Diakses 22 Juni 2025].
- [19] Haslinda, A. Huda dan F. Said, "PERANCANGAN DAN ANALISIS FINANSIAL PLTS ATAP MENGGUNAKAN SOFTWARE PV*SOL DI LSIH UBT," Jurnal Kajian Teknik Elektro, vol. 8, no. 1, pp. 22-28, Maret 2023.
- [20] S. I. Haryudo, L. Rakhmawati dan P. W. Rusimamto, "ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI PANEL SURYA 20WP DENGAN TRACKING DAN TANPA TRACKING," Jurnal Teknik Elektro, vol. 12, no. 02, pp. 43-47, 2023.
- [21] R. Foster, M. Ghassemi dan A. Cota, SOLAR ENERGY : RENEWABLE ENERGY AND THE ENVIRONMENT, A. Ghassemi, Penyunt., Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [22] J. Muhammad, S. R. Sompie dan L. S. Patras, "RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU ARUS DAN TEGANGAN DI SISTEM PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO UNO," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, vol. 8, no. 1, pp. 9-14, Januari-April 2019.
- [23] A. Siwanto, R. Sitepu, D. Lestariningsih, L. Agustine, A. Gunadhi dan W. Andyardja, "MEJA TULIS ADJUSTABLE DENGAN KONSEP SMART FURNITURE," Scientific Journal Widya Teknik, vol. 19, no. 2, pp. 97-108, 2020.

- [24] M. Roghib, "TEKNOLOGI MIKROKONTROLER : PENGGUNAAN ARDUINO IDE," Universitas Gajah Mada, 2 October 2018. [Online]. Available: <https://mikrokontroler.mipa.ugm.ac.id>. [Diakses 22 Juni 2022].
- [25] F. Adani dan S. Salma, "INTERNET OF THINGS SEJARAH TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA," ISU TEKNOLOGI STT MANDALA, vol. 14, no. 2, pp. 92-99, 2019.
- [26] M. Seri dan A. Lawi, "PENGEMBANGAN SISTEM TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS YANG PERLU DIKEMBANGKAN NEGARA INDONESIA," Journal Information Engineering and Educational Technology, vol. 5, no. 1, pp. 19-26, 2021.
- [27] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE," Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, vol. 4, no. 1, pp. 19-16, 2018.
- [29] A. D. Mulyanto, "PEMANFAATAN BOT TELEGRAM UNTUK MEDIA INFORMASI PENELITIAN," MATICS : Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, vol. 12, no. 1, pp. 49-54, 2020.
- [30] G. W. Setiawan, "PENGUJIAN PERANGKAT LUNAK MENGGUNAKAN METODE BLACK BOX STUDI KASUS EKSELSA UNIVERSITAS SANATA DHARMA," Jurusan Teknik Informatika Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2011.
- [31] Apriyanto, "ANALISA KUALITAS PENGUKURAN HUB BOLT M20 x 77 mm METODE GAUGE REPEATABILITY DAN REPRODUCIBILITY Studi Kasus : PT. Garuda Metalindo Tbk," Repository unugha, Jakarta, 2017.
- [32] S. Islam dan M. Sukardan, "PEMODELAN DAN ESTIMASI KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN UJI KEKUATAN SOBEK KAIN METODA PENDULUM (ELMENDORF)," Arena Tekstil, vol. 1, no. 31, pp. 23-34, 2016.
- [33] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta, 2015.
- [34] N. Febrianta, "Pengembangan LKPD IPA Berbasis Guided Inquiry Untuk meningkatkan Science Process Skills dan Scientific Attitude Peserta Didik SMPN 1 MLATI," FMIPA UNY, Yogyakarta, 2017.
- [35] Sugiyono, Metode Penelitian & Pengembangan, Research and Development untuk Bidang Pendidikan, Manajemen, Sosial, Teknik, Bandung: Alfabeta, 2015.
- [36] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta.CV, 2017.