

Perancangan dan Implementasi Sistem Otomatisasi Pemberian Pakan Hidup Kecoa Dubia pada Ikan Arwana Super Red Berbasis Arduino Uno

Fauzan Muhammad Iqbal¹, Indra Dwi Cahya Septiandi²

^{1,2}Universitas Perjuangan Tasikmalaya, Jl. Peta No.177, Kota Tasikmalaya 46115, Indonesia

e-mail: fauzanmiqbal@unper.ac.id¹, indradcseptiandi@unper.ac.id²

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi : 18 November 2025

Revisi Akhir : 19 Mei 2026

Diterbitkan Online : 29 Mei 2026

Kata Kunci :

Arwana Super Red, Kecoa Dubia, Otomatisasi Pakan, Sensor Fotoelektrik, Solenoid

Korespondensi :

Telepon / Hp : +62 85215465427

E-mail : fauzanmiqbal@unper.ac.id

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem otomatisasi pemberian pakan kecoa dubia (*Blaptica dubia*) untuk ikan arwana super red (*Scleropages formosus*) menggunakan alat Arcana D1. Permasalahan utama dalam pemeliharaan ikan arwana adalah ketergantungan terhadap pemberian pakan manual, terutama saat pemilik tidak berada di tempat selama beberapa hari. Sistem yang dirancang berfungsi untuk mengatur jadwal pemberian pakan secara otomatis, mendeteksi habisnya stok pakan, serta memastikan jumlah pakan yang dikeluarkan setiap hari sesuai kebutuhan ideal ikan. Penelitian menggunakan ikan arwana berukuran 25 cm dengan pakan kecoa Dubia berukuran 2.5–3 cm per ekor. Hasil perhitungan kebutuhan pakan menunjukkan jumlah ideal 4–7 ekor per hari. Sistem Arcana D1 diatur aktif setiap pukul 09.30 WIB, membuka katup solenoid perlahan agar tidak menjatuhkan lebih dari satu ekor kecoa per siklus. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu bekerja stabil selama lima hari berturut-turut dengan tingkat keberhasilan deteksi pakan 90,9%. Analisis menunjukkan efisiensi katup rata-rata 21,2% dengan rata-rata pakan jatuh 4–5 ekor per hari. Penelitian ini membuktikan sistem Arcana D1 dapat menjadi solusi efektif dalam otomatisasi pemberian pakan ikan hias bernilai tinggi dengan kontrol presisi dan tingkat keandalan tinggi.

1. PENDAHULUAN

Ikan Arwana Super Red (*Scleropages formosus*) merupakan salah satu ikan hias air tawar paling bernilai di Indonesia, terutama di wilayah Kalimantan dan Sumatra. Nilai ekonominya dapat mencapai puluhan juta rupiah per ekor, bergantung pada kualitas warna dan panjang tubuh [1]. Sebagai ikan hias premium, Arwana memerlukan perawatan khusus, termasuk pengaturan suhu air, pH, dan jadwal pemberian pakan yang konsisten [2]. Ketidakteraturan dalam pemberian pakan/manajemen pemberian pakan yang buruk dapat menyebabkan peningkatan stres, gangguan pertumbuhan, bahkan kematian ikan [3].

Pemilik Arwana sering menghadapi kendala ketika harus meninggalkan rumah selama beberapa hari. Dalam kondisi demikian, ikan dapat kekurangan pakan, terutama jika tidak ada orang yang memberi makan secara manual. Perangkat otomatis komersial yang ada biasanya menggunakan butiran kering atau pelet, padahal ikan Arwana memiliki preferensi pakan hidup yang bergerak aktif sebagai stimulus alami untuk meningkatkan nafsu makan.

Kecoa Dubia (*Blaptica dubia*) adalah pakan hidup yang paling ideal bagi Arwana karena kandungan protein tinggi (> 50 %), lemak sekitar 12 %, dan serat rendah yang mudah dicerna [4]. Selain itu, Dubia tidak terbang, tidak berbau, dan relatif bersih sehingga aman disimpan dalam wadah tertutup.

Masalah utama dalam pemeliharaan ikan Arwana Super Red adalah menjaga konsistensi pemberian pakan hidup setiap hari dalam jumlah yang tepat. Pemilik sering menghadapi kondisi ketika harus meninggalkan

rumah selama beberapa hari, sehingga ikan berisiko kekurangan pakan atau menerima pakan yang tidak sesuai kebutuhan. Kondisi ini dapat menurunkan kesehatan ikan, menghambat pertumbuhan, serta menurunkan intensitas warna yang menjadi nilai jual utama Arwana.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan sistem yang mampu mengotomatisasi proses pemberian pakan hidup tanpa mengorbankan kualitas pakan maupun kebersihan lingkungan akuarium. Sistem otomatis harus dapat menjalankan beberapa fungsi penting secara mandiri: menjaga jadwal pemberian pakan harian, mengontrol jumlah pakan yang dikeluarkan, serta mendeteksi keberhasilan jatuhnya pakan ke dalam akuarium. Selain itu, ketika stok pakan habis, sistem harus memiliki mekanisme penghentian otomatis agar komponen mekanik tidak beroperasi secara berlebihan dan energi tidak terbuang.

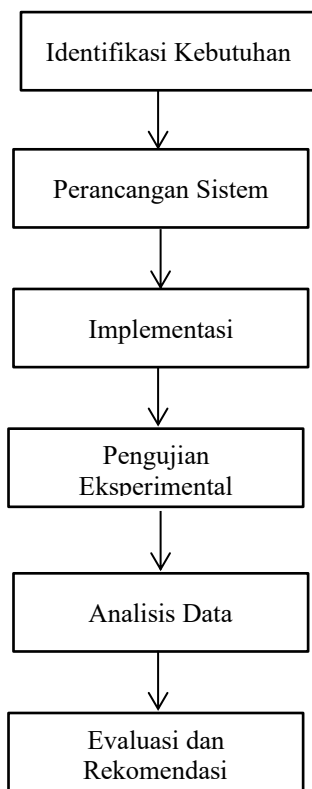
Dengan memanfaatkan mikrokontroler Arcana D1 sebagai pusat pengendali, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem otomatisasi pemberian pakan hidup untuk Arwana Super Red. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pemeliharaan ikan bernilai tinggi, mengurangi risiko kelaparan ketika pemilik tidak berada di lokasi, serta menjadi solusi praktis yang dapat diterapkan pada berbagai skala pemeliharaan ikan hias.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan rekayasa sistem (*systems engineering approach*). Pendekatan ini dipilih karena

penelitian tidak hanya bertujuan menguji efek suatu perlakuan, tetapi juga merancang, membangun, menguji, dan mengevaluasi kinerja sistem otomatisasi secara terstruktur. Metode ini umum digunakan pada pengembangan perangkat berbasis mikrokontroler, sistem cerdas, dan otomasi IoT karena mampu mengintegrasikan proses desain, implementasi, dan validasi berbasis data empiris [5].

Pendekatan rekayasa sistem dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu: (1) identifikasi masalah dan kebutuhan sistem; (2) perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak; (3) implementasi prototipe; (4) pengujian eksperimental; dan (5) analisis kinerja sistem. Setiap tahap dirancang untuk memastikan solusi yang dikembangkan memiliki ketepatan fungsi, keandalan, serta efisiensi yang dapat diuji secara langsung melalui data yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

1. Tahap identifikasi kebutuhan dilakukan untuk merumuskan fungsi dan batasan sistem, yaitu kemampuan memberikan pakan hidup secara otomatis, terjadwal, dan stabil bagi ikan Arwana Super Red, dengan jumlah pakan ideal 4-7 ekor kecoa Dubia per hari. Sistem juga harus mampu mendeteksi jatuhnya pakan secara akurat dan berhenti otomatis ketika stok pakan habis.
2. Tahap perancangan sistem dilakukan dengan pendekatan rekayasa sistem, mencakup adad perancangan perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), serta mekanisme kerja mekanik. Mikrokontroler digunakan

sebagai pusat kendali, solenoid sebagai aktuator pembuka pakan, dan sensor fotoelektrik sebagai pendeteksi jatuhnya. Algoritma kontrol dirancang untuk menjalankan jadwal harian, membuka katup secara bertahap, menghitung objek yang terdeteksi, dan memicu kondisi berhenti otomatis. Desain saluran pakan dibuat agar kecoa tidak menumpuk atau tersangkut sebelum jatuh.

3. Tahap implementasi mencakup proses pembangunan sistem sesuai desain, meliputi perakitan rangkaian elektronik, pemrograman mikrokontroler, pemasangan sensor, dan konstruksi wadah pakan. Seluruh rangkaian diuji untuk memastikan wiring benar, solenoid merespons sesuai waktu, dan sensor mendeteksi objek secara konsisten.
4. Tahap pengujian eksperimental dilakukan selama lima hari berturut-turut tanpa intervensi manual untuk mengevaluasi jumlah pembukaan katup, jumlah jatuhnya kecoa yang terdeteksi sensor, efisiensi mekanisme, serta keandalan aktivasi harian. Pengamatan visual digunakan sebagai acuan untuk menilai akurasi sensor.
5. Tahap analisis data dilakukan untuk menilai performa sistem berdasarkan rasio jatuhnya terhadap pembukaan katup, kesesuaian jumlah pakan harian, serta error rate sensor. Analisis juga mencakup faktor mekanik yang memengaruhi kinerja, seperti kecoa yang bergelantungan, penyumbatan saluran, dan kondisi wadah.
6. Tahap evaluasi dilakukan untuk menentukan keberhasilan prototipe dan memberikan rekomendasi pengembangan serta digunakan sebagai dasar peningkatan reliabilitas sistem pada penggunaan jangka panjang.

2.1. Objek Penelitian

Objek utama penelitian ini terdiri dari ikan Arwana Super Red (*Scleropages formosus*) dan kecoa Dubia (*Blaptica dubia*) sebagai pakan hidup. Ikan Arwana Super Red yang digunakan memiliki panjang tubuh rata-rata ± 25 cm, termasuk kategori juvenil akhir yang membutuhkan asupan protein tinggi dan pakan hidup yang mampu merangsang respons berburu alami. Arwana merupakan ikan hias bernilai ekonomi tinggi dan sensitif terhadap pola makan tidak teratur, sehingga kestabilan pemberian pakan menjadi faktor penting dalam mempertahankan kesehatan, pertumbuhan, serta intensitas warna tubuh. Sebagai sumber pakan, digunakan kecoa Dubia berukuran 2,5-3 cm per ekor, yang dikenal sebagai pakan hidup bergizi tinggi dengan kandungan protein tinggi ($> 50\%$), lemak sekitar 12% , serta tekstur lembut yang aman untuk ikan predator juvenil [4]. Berdasarkan literatur, spesies ini dapat bertahan 10 hingga 20 hari tanpa makanan, selama masih tersedia

sumber air dan kondisi lingkungan tetap stabil [6]. Ketahanan ini disebabkan oleh metabolisme rendah, kemampuan menyimpan cadangan energi dalam bentuk lemak, serta aktivitas harian yang cenderung minim.



Gambar 2. Ikan Arwana Super Red (*Scleropages formosus*)

Kecoa Dubia dipilih karena memiliki pergerakan lambat, tidak agresif, dan tidak memanjat permukaan licin, sehingga mudah dikendalikan dalam sistem otomatisasi pakan. Selain itu, ukuran tubuh Dubia pada rentang tersebut telah sesuai dengan kebutuhan konsumsi harian Arwana berukuran 25 cm, dengan kebutuhan 2% dari berat tubuh ikan [7] yang kemudian dapat digunakan sebagai standar pemodelan jumlah pakan dalam sistem.



Gambar 3. Kecoa Dubia (*Blattella germanica*)

Kedua objek ini dipilih untuk memastikan bahwa proses pengujian menggambarkan kondisi nyata pemeliharaan ikan Arwana dan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menyediakan pakan hidup secara konsisten, tepat jumlah, dan aman bagi organisme yang terlibat.

2.2. Identifikasi Permasalahan

Permasalahan utama dalam sistem pemberian pakan otomatis untuk ikan Arwana adalah bagaimana merancang perangkat yang mampu memberikan pakan hidup secara terjadwal, dengan jumlah yang terkendali, dan tetap menjaga keselamatan pakan hidup (kecoa

Dubia). Sistem harus memiliki fungsi pengendalian katup yang presisi, mendeteksi jumlah jatuhnya pakan secara akurat, dan dapat berhenti otomatis jika stok habis. Selain itu, sistem perlu mampu bekerja tanpa intervensi pengguna selama minimal lima hari berturut-turut.

2.3. Formulasi Kebutuhan

Fungsi utama sistem meliputi:

1. Aktivasi sistem satu kali per hari pada pukul 09.30 WIB.
2. Pembukaan katup solenoid dilakukan perlahan agar tidak lebih dari 1 ekor kecoa keluar dalam satu pembukaan.
3. Sistem menentukan jumlah jatuhnya pakan ideal antara 4–7 ekor per hari.
4. Sistem berhenti otomatis jika dalam 30 pembukaan katup tidak terdeteksi jatuhnya (indikasi pakan habis).

Kebutuhan pakan dihitung dengan pendekatan empiris hubungan panjang–berat ikan [8]. Hubungan panjang dan berat ikan dihitung menggunakan persamaan:

$$W = a \times L^b \quad (1)$$

dengan:

W = berat ikan (gram)

L = panjang total ikan (cm),

a = 0.01 (konstanta morfometrik ikan arwana)

b = 3 (eksponen pertumbuhan isometrik)

Untuk ikan arwana super red berukuran $L = 25$ cm:

$$W = 0.01 \times 25^3 = 156,25 \text{ gram}$$

Kebutuhan pakan harian untuk ikan karnivora hias berkisar 1,5-2,5% dari berat tubuh. Maka jumlah ideal pakan harian dihitung berdasarkan berat ikan dan kebutuhan proteinnya per hari. Rumus kebutuhan pakan harian ikan:

$$F = (W \times R) \quad (2)$$

dengan:

F = jumlah pakan harian(gram),

W = berat ikan (gram),

R = rasio pakan terhadap berat tubuh per hari (1.5-2,5%) [9], ambil nilai tengahnya 2 atau 0,02%

Untuk ikan arwana super red dengan panjang 25 cm, dan rasio pakan hidup sebesar 2% dari berat tubuh per hari, maka:

$$F = (156,25 \times 0,02) = 3,125 \text{ gram/hari}$$

Jika satu ekor kecoa dubia memiliki berat rata-rata 0,6 gram (ukuran 2,5-3 cm), maka jumlah ideal pakan per hari adalah:

$$N = \frac{F}{W \text{ kecoa}} = \frac{3,125}{0,6} = 5,2 \text{ ekor/hari} \quad (3)$$

Sehingga jumlah ideal pakan per hari adalah 4-7 ekor kecoa dubia. Jumlah ini kemudian menjadi dasar konfigurasi siklus katup dalam sistem otomatisasi.

2.4. Desain Eksperimen

Sistem diuji selama 5 hari. Parameter yang diamati meliputi:

1. Waktu aktivasi sistem.
2. Jumlah pembukaan katup solenoid.
3. Jumlah jatuhnya kecoa yang terdeteksi.
4. Efisiensi sistem (% jatuhnya per pembukaan).
5. Status berhenti otomatis.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1. Arsitektur Umum

Sistem terdiri atas dua subsistem utama, yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Komponen utama meliputi:

1. Mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi untuk mengatur jadwal aktivasi sistem dan pemrosesan data sensor.
2. Solenoid 12VDC yang mengatur pembukaan katup untuk menjatuhkan pakan.
3. Sensor fotoelektronik (infrared beam) untuk mendeteksi jatuhnya kecoa.
4. Catu daya 12V/2A sebagai sumber daya solenoid dan 9VDC/2,2A sebagai sumber daya mikrokontroler.
5. Wadah pakan dengan kapasitas maksimum 25 ekor kecoa dubia.

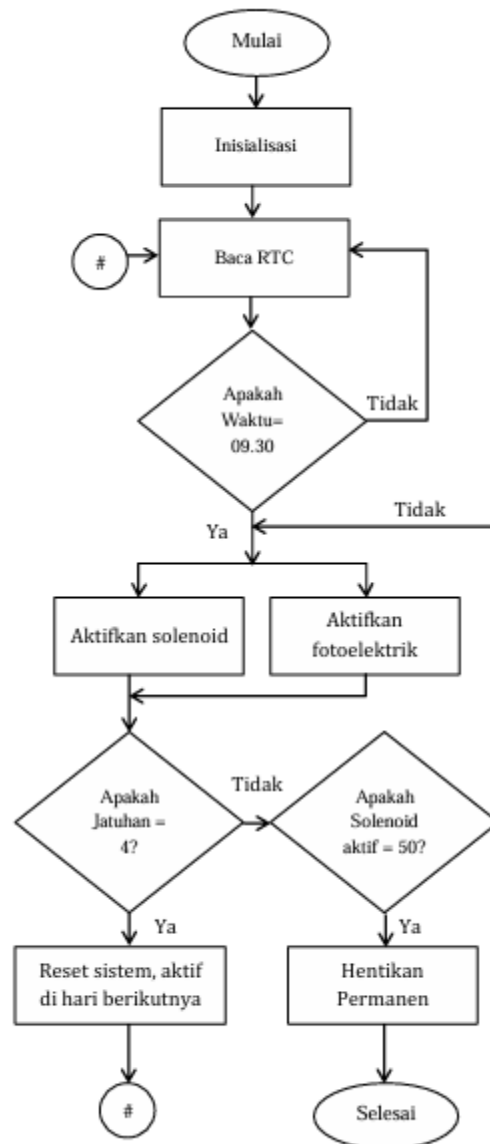
3.2. Prinsip Kerja Sistem

Langkah kerja sistem sebagai berikut:

1. Sistem melakukan inialisasi waktu dan sensor.
2. Setiap pukul 09.30 WIB, mikrokontroler mengaktifkan solenoid valve.
3. Katup membuka secara bertahap/perlahan lahan untuk menjatuhkan satu ekor kecoa.
4. Sensor fotoelektrik mendeteksi objek jatuh; setiap deteksi menambah penghitung pakan.
5. Jika jumlah jatuhnya tercapai (= 4 ekor), sistem berhenti dan akan aktif otomatis di hari berikutnya.
6. Jika terdeteksi jatuhnya maka solenoid akan reset perhitungan dan memulai dari 0.
7. Jika setelah 50 pembukaan katup tidak ada deteksi, sistem masuk mode “pakan habis” dan berhenti permanen.

3.3. Diagram Alir

Diagram alir logika kerja sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Flowchart sistem

3.4. Perangkat Lunak

Program dikembangkan menggunakan bahasa C pada platform Arduino IDE yang diunggah pada mikrokontroler Arduino Uno. Program utama sistem meliputi:

1. Pembacaan RTC (*real time clock*).
2. Logika kontrol katup dengan delay terukur.
3. Perhitungan jatuhnya dari sinyal digital sensor.
4. Fungsi reset harian otomatis.

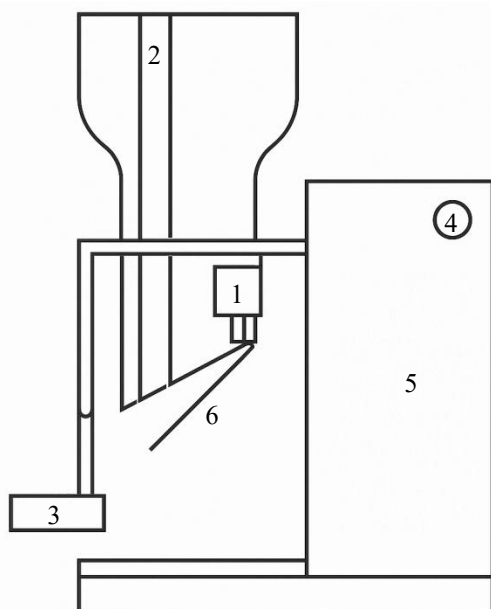
Struktur kode modular memudahkan integrasi dengan fitur Internet of Things pada penelitian lanjutan.

3.5. Desain Mekanik dan Elektronik

Rangkaian elektronik terdiri dari pin digital D7 untuk solenoid dan D2 untuk sensor fotoelektrik. Rangkaian dilengkapi dioda flyback pada solenoid untuk melindungi mikrokontroler dari lonjakan arus.

Mekanik sistem menggunakan backflow valve dengan magnet sebagai pembuka katup penyimpanan pakan yang dilengkapi pipa paralon ukuran $\frac{3}{4}$ inch sebagai tempat penyimpanan pakan yang diarahkan ke tempat sensor fotoelektrik.

Desain ini mengurangi risiko dua ekor jatuh bersamaan dan meningkatkan akurasi deteksi sensor. Berikut adalah cetak biru/desain mekanis sistem:



Gambar 5. Desain mekanis sistem

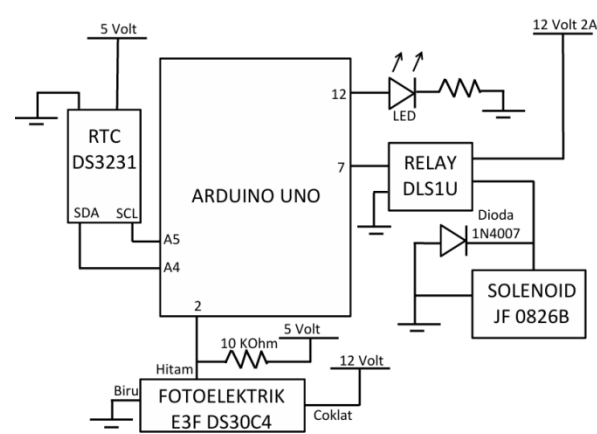
Keterangan gambar desain mekanis sistem:

1. Solenoid.
2. Saluran keluaran/tempat penyimpanan pakan.
3. Sensor fotoelektrik.
4. RTC.
5. Tempat penyimpanan mikrokontroler dan rangkaian elektronik.
6. Katup buka-tutup saluran keluaran.

Gambar 6 menunjukkan skema jalur perkabelan pada sistem Arcana D1 yang dirancang untuk memastikan integrasi aman dan stabil antara komponen kendali, aktuator, dan sensor. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengolah sinyal, sehingga seluruh komponen eksternal dihubungkan langsung ke papan ini. Modul RTC DS3231 terhubung melalui jalur komunikasi I²C, dengan pin SDA tersambung ke pin A4, serta pin SCL ke pin A5. Catu daya modul RTC berasal dari jalur 5 V Arduino, sementara pin GND disatukan untuk menjaga referensi tegangan yang seragam.

Sensor fotoelektrik E3F-DS30C4 (tipe NPN) menerima catu daya 12 VDC dari adaptor eksternal. Output sensor (kabel hitam) dihubungkan ke pin digital 2 Arduino dengan konfigurasi pull-up eksternal 10 k Ω menuju jalur 5 V. Pengkabelan ini membuat sinyal dari sensor aman bagi Arduino karena hanya logika keluaran yang terbaca, sementara sumber dayanya tetap bekerja pada 12 V.

Aktuator utama berupa solenoid JF0826B 12 V dikendalikan melalui relay DLS1U. Relay menerima sinyal kendali dari pin 7 Arduino, memungkinkan pemutusan dan penyambungan arus 12 V ke solenoid. Sebuah dioda flyback dipasang paralel pada terminal solenoid untuk melindungi rangkaian dari lonjakan tegangan induktif saat solenoid dilepas. Jalur 12 V+ dan GND alat disatukan agar kompatibel dengan ground Arduino sehingga menghindari perbedaan referensi tegangan.



Gambar 6. Skema Jalur Perkabelan

Dengan konfigurasi ini, seluruh komponen dapat bekerja secara terpadu: RTC memberikan waktu presisi, Arduino mengendalikan relay sesuai jadwal, sensor fotoelektrik mendeteksi objek yang jatuh, dan solenoid membuka katup secara periodik. Kombinasi arsitektur ini memastikan sistem bekerja stabil, responsif, serta aman dari gangguan tegangan.

3.6. Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan sistem otomatisasi pakan ditunjukkan pada Gambar 7 hingga Gambar 8. Prototipe yang dihasilkan merupakan integrasi dari komponen elektronik, mekanik, serta struktur penopang yang seluruhnya disusun untuk memastikan proses pemberian pakan dapat berlangsung secara otomatis, stabil, dan teratur.

Secara fisik, alat terdiri atas sebuah rangka utama yang menempatkan mikrokontroler Arcana D1 sebagai pusat kendali, modul sensor fotoelektrik sebagai pendeteksi jatuhnya pakan, serta aktuator solenoid sebagai penggerak katup pakan. Gambar tampak depan dan belakang memperlihatkan posisi sensor, mikrokontroler, komponen/rangkaian elektronik, serta jalur kabel yang diatur agar aman dan mudah dipelihara.

Pada bagian atas perangkat terpasang wadah penyimpanan pakan hidup berupa kecoa Dubia, yang dirancang dengan kapasitas maksimum 25 ekor sesuai kebutuhan pengujian. Wadah ini dihubungkan dengan saluran pakan berbentuk tabung vertikal yang mengarahkan setiap kecoa menuju area deteksi sensor sebelum jatuh ke akuarium. Desain mekanis saluran dibuat untuk meminimalkan penumpukan pakan dan

memastikan hanya satu objek yang jatuh pada setiap aktivasi solenoid.



Gambar 7. Tampak Depan dan Belakang Arcana D1



Gambar 8. Tempat penyimpanan pakan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Fungsional Sistem

Pengujian dilakukan selama lima hari berturut-turut. Sistem diaktifkan otomatis setiap pukul 09.30 WIB dan melakukan proses pemberian pakan hingga batas jumlah jatuhnya kecoa Dubia tercapai. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian sistem

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

Hari	Waktu Aktivasi (WIB)	Jumlah Katup Terbuka (kali)	Jumlah Kecoa Dubia Jatuh (ekor)
1	09.30	15	4
2	09.30	7	3
3	09.30	32	5
4	09.30	48	5
5	09.30	49	5

Dari hasil uji tersebut dapat diketahui nilai efisiensi mekanik berdasarkan rumus [10]:

$$Efisiensi = \frac{Jumlah\ kecoa\ jatuh\ terdeteksi}{Jumlah\ pembukaan\ katup} \times 100 \quad (4)$$

Sehingga :

$$Efisiensi = \frac{22}{151} \times 100 = 21,1 \%$$

Hasil uji menunjukkan bahwa sistem berhasil aktif secara konsisten setiap hari tanpa kegagalan waktu aktivasi. Nilai efisiensi rata-rata sebesar 21.2% menunjukkan bahwa meskipun sistem berfungsi stabil, efektivitas mekanisme jatuhnya masih perlu ditingkatkan, terutama terkait jumlah pembukaan katup yang relatif banyak dibandingkan dengan jumlah jatuhnya yang terdeteksi.

Dari hasil uji tersebut juga dapat diketahui nilai akurasi sensor berdasarkan rumus [11]:

$$Akurasi\ sensor\ (\%) = \frac{Jumlah\ deteksi\ sensor}{Jumlah\ jatuhnya\ aktual} \times 100 \quad (5)$$

Sehingga :

$$Akurasi\ sensor = \frac{20}{22} \times 100 = 90,9\%$$

Sehingga jika dihubungkan antara efisiensi mekanik dan akurasi sensor maka akan didapatkan kesimpulan analisa bahwa efisiensi mekanik rendah (21,1%) dan akurasi sensor relatif tinggi (90,9%). Berikut adalah hasil perhitungan efisiensi mekanik dan akurasi sensor untuk lima hari pemantauan:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Efisien dan Akurasi Sensor

Hari	Waktu Aktivasi (WIB)	Jumlah Katup Terbuka (kali)	Jumlah Kecoa Dubia Jatuh (ekor)	Efisiensi Mekanik (%)	Akurasi Sensor (%)
1	09.30	15	4	26,7	90,9
2	09.30	7	3	42,9	88,2
3	09.30	32	5	15,6	92,6
4	09.30	48	5	10,4	92,6
5	09.30	49	5	10,2	92,6

4.2. Analisa Hasil

1. Sistem membuka katup sebanyak 15 kali dengan 4 kecoa jatuh. Efisiensi 26.7%. Terjadi beberapa pembukaan tanpa keluaran. Sensor mendeteksi seluruh jatuhnya dengan akurasi tinggi (100%). Kondisi awal wadah stabil dan tidak ada kesalahan sistem.
2. Efisiensi meningkat signifikan menjadi 42,9% dengan 3 jatuhnya dari 7 pembukaan katup. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecoa masih aktif, wadah masih kering, dan saluran pakan belum mengalami hambatan. Pada hari ini tercatat satu kejadian di mana kecoa menggantung di mulut saluran sehingga mengenai sensor dua kali sebelum benar-benar jatuh. Hal tersebut menyebabkan sensor mencatat satu deteksi ganda. Meskipun demikian, fenomena ini masih berada dalam batas normal dan tidak memengaruhi kinerja keseluruhan sistem secara signifikan.
3. Jumlah pembukaan katup meningkat menjadi 32 kali, namun hanya 5 kecoa yang jatuh (efisiensi 15,6%). Penurunan efisiensi ini mengindikasikan munculnya hambatan

mekanik berupa penumpukan kecoa di bagian atas saluran. Akumulasi kelembapan mulai terlihat, membuat kecoa kurang aktif bergerak sehingga membutuhkan lebih banyak siklus pembukaan untuk menghasilkan jatuhan.

4. Pada hari keempat, sistem melakukan 48 kali pembukaan katup dan menghasilkan 5 jatuhan. Meskipun wadah penyimpanan dirancang tanpa ruang sembunyi, kecoa Dubia tetap dapat menempel atau bergantung pada dinding penampungan yang memiliki permukaan sedikit kasar. Ketika populasi mulai berkurang, sebagian kecoa memilih bertahan pada posisi tersebut alih-alih bergerak menuju saluran keluaran.
5. Pada hari kelima, efisiensi tetap rendah meskipun sistem membuka katup sebanyak 49 kali dan menghasilkan 5 jatuhan. Dengan populasi kecoa yang semakin sedikit, pergerakan serangga di dalam wadah semakin terbatas. Dalam ruang sempit, individu yang tersisa justru lebih sering diam dan menempel pada sisi penampungan, perilaku umum Dubia ketika berada di ruang kecil dengan kepadatan rendah.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa keandalan sistem sebagian besar dipengaruhi oleh faktor mekanik, bukan sensorik ataupun perangkat lunak. Ketika jatuhan terjadi, sensor hampir selalu mampu mendeteksi dengan benar. Namun ketika distribusi kecoa menuju mulut saluran terjadi penghambatan, jumlah pembukaan katup meningkat tanpa menghasilkan jatuhan. Dengan demikian, fokus pengembangan selanjutnya harus diarahkan pada optimalisasi desain saluran pakan, penambahan elemen mekanik anti-penumpukan, dan kalibrasi durasi buka solenoid yang lebih adaptif.

4.3. Evaluasi Efisiensi dan Keandalan

Sistem yang dirancang menunjukkan kinerja yang stabil dalam aspek penjadwalan dan deteksi jatuhan pakan. Mekanisme kerja solenoid dan sensor fotoelektrik berfungsi secara konsisten tanpa mengalami kesalahan deteksi maupun keterlambatan aktivasi. Mikrokontroler mampu menjalankan logika kendali secara presisi sesuai jadwal yang telah diprogram. Selama pengujian lima hari, tidak ditemukan kesalahan pada proses aktivasi harian maupun pembacaan sensor. Sistem juga mampu mempertahankan kestabilan operasi meskipun jumlah pembukaan katup meningkat pada hari-hari tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan algoritma dan struktur kontrol yang digunakan cukup andal dalam mengatur siklus kerja harian. Keandalan sistem secara keseluruhan dapat dilihat dari kemampuan perangkat untuk tetap beroperasi tanpa intervensi manual dan menjaga konsistensi waktu aktivasi. Hasil ini menegaskan bahwa desain perangkat keras dan perangkat lunak telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menciptakan sistem pemberian pakan ikan yang otonom, presisi, dan dapat diandalkan untuk

pemeliharaan ikan hias bernilai tinggi seperti Arwana Super Red.

4.4. Analisis Kemungkinan Kesalahan Deteksi

Sensor fotoelektrik yang digunakan dalam sistem ini berfungsi untuk mendeteksi objek yang melintas di jalur jatuhan pakan dengan waktu respons kurang dari 50 milidetik (ms) atau 0,05 detik (s). Sensor akan menghasilkan sinyal logika digital setiap kali berkas cahaya inframerahnya terputus oleh objek yang lewat. Dengan sensitivitas tinggi tersebut, secara teoritis sensor mampu membedakan setiap ekor kecoa yang jatuh secara terpisah.

Namun, dalam praktik pengujian ditemukan potensi kesalahan deteksi yang disebabkan oleh perilaku fisik kecoa Dubia di sekitar mulut saluran keluaran. Beberapa ekor kecoa sering bergelantungan atau menempel di tepian saluran sebelum akhirnya jatuh sepenuhnya. Kondisi ini dapat menimbulkan dua jenis kesalahan utama:

1. Deteksi ganda, terjadi ketika satu ekor kecoa yang bergelantungan menutup dan membuka berkas cahaya sensor secara berulang akibat gerakan tubuhnya. Sensor membaca setiap interupsi cahaya sebagai satu peristiwa jatuhan terpisah, sehingga satu ekor terhitung dua kali atau lebih.
2. Deteksi tunggal pada jatuhan ganda, kadang dua ekor kecoa jatuh hampir bersamaan dengan posisi saling menempel. Sensor hanya mendeteksi satu interupsi cahaya karena sinyal dari kedua objek tersebut tumpang tindih dalam waktu yang sangat singkat (< 50 ms). Akibatnya, dua ekor terhitung sebagai satu kejadian jatuhan.

Kedua kondisi di atas tidak disebabkan oleh kelemahan sensor, melainkan oleh faktor mekanik dan perilaku alami kecoa yang cenderung bergerombol. Fenomena ini juga dipengaruhi oleh daya cengkram kaki kecoa terhadap permukaan yang kurang licin wadah penampungan pakan. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan beberapa perbaikan, seperti penambahan mekanisme getar mikro pada bagian bawah wadah agar kecoa tetap aktif bergerak dan untuk mencegah penumpukan. Selain itu, penyesuaian posisi sensor sejauh ± 1 cm di bawah mulut saluran dapat menghindari deteksi berulang akibat gerakan kecoa di tepi saluran.

Tingkat kesalahan deteksi sensor dihitung dari rasio antara jumlah kejadian anomali dengan total deteksi sensor selama lima hari pengujian. Dari total 151 kali aktivasi katup terdeteksi 22 jatuhan kecoa. Sistem akan berhenti jika mendeteksi 4 kecoa sehingga deteksi valid selama 5 hari adalah 20 jatuhan kecoa. Berdasarkan hal ini, probabilitas kesalahan (*error rate*) dapat dihitung menggunakan rumus [12]:

$$P_{error} = 1 - \frac{\text{deteksi valid}}{\text{deteksi aktual}} \quad (3)$$

Sehingga :

$$P_{error} = 1 - \frac{20}{22} = 9,09\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa probabilitas kesalahan deteksi adalah 9,09%.

Untuk mengatasi kesalahan utama tersebut, dapat dilakukan beberapa upaya perbaikan:

1. Menambahkan mekanisme getar mikro pada bagian bawah wadah agar kecoa tetap bergerak aktif dan tidak menempel di dinding atau mulut saluran.
2. Mendesain ulang ujung saluran keluaran dengan bentuk kerucut menurun agar tidak ada bidang datar tempat kecoa dapat bergelantungan.
3. Mengatur ulang posisi sensor agar berada sedikit lebih jauh dari mulut keluaran (± 5 cm) guna menghindari deteksi berulang akibat gerakan kecoa di sekitar tepi saluran.

Dengan penerapan perbaikan tersebut, potensi kesalahan pembacaan diharapkan dapat dikurangi.

4.5. Pembahasan Umum

Sistem otomatisasi berbasis Arduino Uno terbukti mampu menjaga jadwal pemberian pakan secara mandiri tanpa intervensi manusia. Hasil menunjukkan kestabilan waktu dan akurasi sensor yang tinggi. Namun, aspek mekanik (corong dan katup) merupakan faktor dominan yang memengaruhi efisiensi keseluruhan sistem. Dengan sedikit perbaikan desain, efisiensi mekanisme jatuhnya dapat ditingkatkan mendekati nilai ideal yang direkomendasikan untuk ikan Arwana berukuran 25 cm, yaitu 4–7 ekor pakan per hari.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian selama lima hari terhadap sistem otomatisasi pemberian pakan ikan Arwana Super Red berbasis sensor fotoelektrik dan mekanisme solenoid, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan stabil dalam melaksanakan fungsi pemberian pakan secara terjadwal. Sistem berhasil aktif setiap pukul 09.30 WIB sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dan mampu menjaga keteraturan jumlah pakan yang keluar setiap hari.

Dari hasil pengujian, sistem mendeteksi sebanyak 20 kejadian jatuhnya pakan dari total 22 jatuhnya aktual yang teramati. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi deteksi sensor fotoelektrik mencapai sekitar 90,9 persen dengan tingkat kesalahan atau *mised detection* 9,09 persen. Kesalahan tersebut terutama disebabkan oleh perilaku kecoa Dubia yang cenderung saling menumpuk dan bergelantungan di mulut saluran keluaran, sehingga sinyal yang diterima sensor tidak selalu merepresentasikan jumlah jatuhnya aktual. Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan bahwa

sistem telah berfungsi secara efektif pada tahap prototipe.

Hasil observasi juga menunjukkan bahwa performa sistem secara keseluruhan dapat dikategorikan reliabel. Penjadwalan berbasis waktu berjalan konsisten, dan sistem mampu menghentikan operasi secara otomatis ketika sensor tidak lagi mendeteksi adanya jatuhnya pakan setelah sejumlah percobaan pembukaan katup. Hal ini menandakan bahwa integrasi antara sensor fotoelektrik, modul waktu nyata (RTC), dan aktuatur solenoid telah berjalan sesuai rancangan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat disempurnakan dengan menambahkan mekanisme getar mikro pada wadah penyimpanan agar kecoa tidak menumpuk atau bergelantungan di mulut saluran keluaran serta menggunakan bahan yang lebih licin untuk tempat penyimpanan pakan. Selain itu, pengaturan ulang jarak sensor dapat meningkatkan akurasi deteksi. Dengan penerapan perbaikan tersebut, tingkat kesalahan deteksi diperkirakan dapat ditekan. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan potensi besar sebagai solusi efisien dan otomatis untuk pemberian pakan ikan hias bernilai tinggi seperti Arwana Super Red, khususnya bagi pemilik yang tidak dapat melakukan pemberian pakan secara langsung selama beberapa hari.

Penelitian ini mengikuti pedoman etika penelitian dan tidak melibatkan hewan uji dalam kondisi ekstrem. Semua data eksperimen diperoleh melalui sistem otomatisasi tanpa paksaan fisik terhadap ikan. Penggunaan gambar dan data dilakukan untuk kepentingan akademik sesuai hak cipta yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Bian *et al.*, "The Asian arowana (*Scleropages formosus*) genome provides new insights into the evolution of an early lineage of teleosts," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. April, pp. 1–17, 2016, doi: 10.1038/srep24501.
- [2] S. T. Toso, "Perencanaan dan Pembuatan Alat Pengatur Suhu, Monitoring Ph Air dan Pemberi Makan Ikan Arwana Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16," *El Sains J. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.30996/elsains.v1i1.1630.
- [3] A. Iskandar, M. Revan, O. Carman, D. Widianti, and C. E. Indriastuti, "TEKNIK BUDIDAYA IKAN ARWANA SUPER RED *Scleropages formosus* UNTUK MENGHASILKAN BENIH SIAP TEBAR," *J. Ruaya J. Penelit. dan Kaji. Ilmu Perikan. dan Kelaut.*, vol. 11, no. 2, pp. 152–164, 2023, doi: 10.29406/jr.v11i2.5285.
- [4] P. Y. Lam, N. S. Abdul Latif, K. Thevan, P. V. Rao, and W. Z. Wan Muhamed, "Nutrient composition of *Blattella germanica* (Order: Blattodea) as an alternative protein source," *J. Trop. Resour. Sustain. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 88–92, 2021, doi: 10.47253/jtrss.v6i2.568.
- [5] G. Muller, "Systems engineering research

- methods,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 16, no. June, pp. 1092–1101, 2013, doi: 10.1016/j.procs.2013.01.115.
- [6] A. H. Alamer, “Endocrine control of fat body composition and effects of the insect growth regulators methoprene and pyriproxyfen on the development and reproduction of the Argentinian cockroach,” p. 132, 2013.
- [7] M. Z. Suleiman, “Breeding technique of Malaysian golden arowana , *Scleropages formosus* in concrete tanks,” *Aquac. Asia*, vol. VIII, no. 3, pp. 3–5, 2003.
- [8] Y. P. Pamungkas and B. Burnawi, “Hubungan Panjang Berat Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Kerinci, Jambi,” *Bul. Tek. Litkayasa Sumber Daya dan Penangkapan*, vol. 13, no. 2, pp. 67–70, 2015.
- [9] M. Marzuqi, N. W. W. Astuti, and K. Suwirya, “Pengaruh Kadar Protein Dan Rasio Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscogutatus*),” *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 4, no. 1, pp. 55–65, 2012, [Online]. Available: http://www.itk.fpik.ipb.ac.id/ej_itkt41
- [10] S. Bhattacharya *et al.*, “Validation of detection efficiencies of NaI(Tl) scintillation detector in the energy range of 80-1332 keV”.
- [11] O. Dan, Z. Untuk, Y. T. Fahma, and N. D. Setyaningsih, “ANALISIS FINANCIAL DISTRESS DENGAN METODE ALTMAN , ZMIJEWSKI , Article ’ s Information Pendahuluan Kebangkrutan pada perusahaan bisa dideteksi dari kesulitan keuangan jangka pendek sampai kesulitan keuangan jangka panjang dengan melihat hutang yang dimiliki,” *Ilm. Bisnis dan Ekon. Asia*, vol. 15, no. 2, pp. 200–216, 2019, doi: 10.32812/jibeka.v15i2.398.
- [12] A. Tharwat, “Classification assessment methods,” *Appl. Comput. Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 168–192, 2018, doi: 10.1016/j.aci.2018.08.003.