

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBERIAN PAKAN AYAM OTOMATIS BERBASIS *NTP SERVER* DAN KONTROL MANUAL MENGGUNAKAN *FIREBASE* SERTA *MONITORING* KANDANG BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Aziz Alviansyah; Bambang Hari Purwoto, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Peternakan merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan Masyarakat salah satunya peternakan ayam. Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa konsumsi daging ayam ras nasional pada tahun 2025 mencapai sekitar 3,92 juta ton atau meningkat 5,4% dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa produktivitas peternakan ayam perlu didukung oleh penerapan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi pemeliharaan. Namun, pemberian pakan dan pemantauan kondisi kandang masih banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan pemberian pakan serta kurang optimalnya pengawasan kondisi lingkungan kandang. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemberian pakan ayam otomatis berbasis *NTP Server* dan kontrol manual menggunakan *Firestore Realtime Database* serta *monitoring* kondisi kandang berbasis *Internet of things (IoT)*. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22 untuk memantau suhu, sensor MQ-135 untuk mendeteksi perubahan kadar gas ammonia, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketersediaan pakan, dan motor servo sebagai aktuator pemberian pakan. Metode penelitian dilakukan melalui perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sensor dengan ESP32, serta pengujian kinerja sistem pada kandang ayam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi sebesar 96,14% hingga 99,08%, sedangkan sensor ultrasonik memiliki nilai *error* antara 0,71% hingga 10,00%. Sistem *monitoring* suhu dan kadar gas ammonia juga mampu mengaktifkan aktuator sesuai batas yang telah ditentukan. Pemberian pakan otomatis berhasil dijalankan pada pukul 06.00 WIB, 10.00 WIB, 14.00 WIB, dan 17.00 WIB dengan *Delay respon* 0,1–0,3 detik. Selain itu, sistem pakan manual melalui *website* dapat berfungsi dengan baik dengan *Delay respon* 0,5–1 detik. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang mampu menjalankan fungsi pemberian pakan otomatis, kontrol manual, dan *monitoring* kondisi kandang secara *real-time* dengan baik sehingga dapat mendukung peternak dalam meningkatkan efisiensi pemeliharaan ayam.

Kata Kunci: *Internet of things*, *Monitoring*, Gas Ammonia, *NTP Server*, *Firestore*, Pakan Otomatis

Abstract

Farming is one of the sectors that plays an important role in meeting the food needs of the community, one of which is chicken farming. Data from the Central Statistics Agency (BPS) shows that national broiler chicken consumption in 2025 reached around 3.92 million tons, up 5.4% compared to the previous year. This increase shows that chicken farming productivity needs to be supported by the application of technology that can improve maintenance efficiency. However, feeding and monitoring the cage conditions are still largely done manually, which can potentially lead to Delayed feeding and less

than optimal environmental condition monitoring in the cages. This study aims to design and build an automatic chicken feeding system based on NTP Server and manual control using Firebase Realtime Database, as well as monitoring cage conditions based on the Internet of things (IoT). The system uses an ESP32 microcontroller, a DHT22 sensor to monitor temperature, MQ-135 sensor is used to detect changes in ammonia gas levels, HC-SR04 ultrasonic sensor to monitor feed availability, and a servo motor as the feed actuator. The research method was carried out through hardware and software design, sensor integration with ESP32, and system performance testing in a chicken coop. Test results showed that the DHT22 sensor had an accuracy level of 96.14% to 99.08%, while the ultrasonic sensor had an error rate of 0.71% to 10.00%. The temperature and ammonia gas monitoring system was also able to activate the actuator according to the set limits. Automatic feeding was successfully carried out at 6:00 AM, 10:00 AM, 2:00 PM, and 5:00 PM with a response Delay of 0.1–0.3 seconds. In addition, the manual feeding system via the website worked well with a response Delay of 0.5–1 second. Based on these results, The system that was designed is capable of running automatic feeding functions, manual control, and real-time monitoring of the coop conditions well, so it can support farmers in improving the efficiency of chicken maintenance.

Keywords: Internet of things, Monitoring, Ammonia Gas, NTP Server, Firebase, Automatic Feed

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, terdapat berbagai sektor usaha yang memiliki peranan penting dalam menunjang pertumbuhan dan kestabilan perekonomian nasional, diantaranya sektor pertanian, peternakan, perikanan, serta perkebunan. Keempat sektor tersebut berperan sebagai sumber utama dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan bahan baku masyarakat, sekaligus membuka lapangan pekerjaan bagi banyak penduduk. Oleh karena itu, dalam meningkatkan kualitas serta produktivitas pada sektor usaha tersebut perlu diiringi dengan perkembangan teknologi. Peternakan merupakan salah satu sumber pangan protein hewani yang menghasilkan banyak manfaat bagi masyarakat dan menyumbang angka pendapatan bagi negara maupun daerah sehingga sektor ini sangat layak untuk dikembangkan salah satunya peternakan ayam (Gunawan et al., 2021). Hal ini dibuktikan dengan data dari Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik (BPS), dimana konsumsi daging ayam ras nasional pada tahun 2025 mencapai sekitar 3,92 juta ton atau meningkat sekitar 5,4% dibandingkan tahun sebelumnya. Selain itu, konsumsi daging ayam per kapita masyarakat Indonesia juga meningkat menjadi 7,462 kg/kapita/tahun dan menjadi angka tertinggi dalam lima tahun terakhir. Maka dari itu, sektor peternakan ini bisa menjadi sumber daya yang memiliki potensi dapat berkembang pesat bagi Masyarakat dan negara.

Penelitian oleh (Aini et al., 2022) menjelaskan bahwa kegiatan operasional di peternakan, seperti pemberian pakan dan pemantauan kondisi kandang, menentukan tingkat produktivitas dan kesehatan ayam. Pemberian pakan yang teratur dan sesuai kebutuhan merupakan faktor penting dalam

keberhasilan pemeliharaan ayam (Andini et al., 2024). Namun, masih banyak peternak yang menerapkan metode manual dalam pemberian pakan sehingga sulit dipertahankan secara konsisten baik dari kadar pakan serta waktu pemberian pakan, terutama ketika pemilik peternakan sedang sibuk dengan kegiatan lain.

Kondisi kualitas udara di dalam kandang merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan serta pertumbuhan ayam. Pada sistem peternakan ayam, gas amonia dihasilkan dari proses dekomposisi kotoran oleh aktivitas mikroorganisme. Konsentrasi amonia perlu dikendalikan agar tidak melebihi batas yang diperbolehkan karena paparan dalam kadar tinggi dapat memberikan dampak negatif bagi ayam maupun manusia. Menurut (Supriyono et al., 2021), kadar amonia yang direkomendasikan berada dibawah 25 ppm, sedangkan konsentrasi di atas 25 ppm berpotensi menurunkan kualitas lingkungan kandang. Pertumbuhan ayam dan tingkat produksi telur sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pemeliharaan, khususnya suhu kandang. Mengingat Indonesia termasuk negara beriklim tropis, pengendalian suhu kandang pada rentang di bawah 30°C perlu dilakukan untuk menjaga kenyamanan dan produktivitas ayam (Rahardjo et al., 2023). Karena pentingnya kondisi suhu, serta kadar gas ammonia pada kandang maka besaran ini harus dipantau secara kontinu. Data suhu dan kadar gas ammonia pada kandang ayam ini digunakan sebagai dasar pertimbangan peternak ayam untuk mengambil tindakan agar suhu serta kadar gas ammonia pada kandang ayam dapat dijaga secara konstan pada rentang yang nyaman untuk ayam.

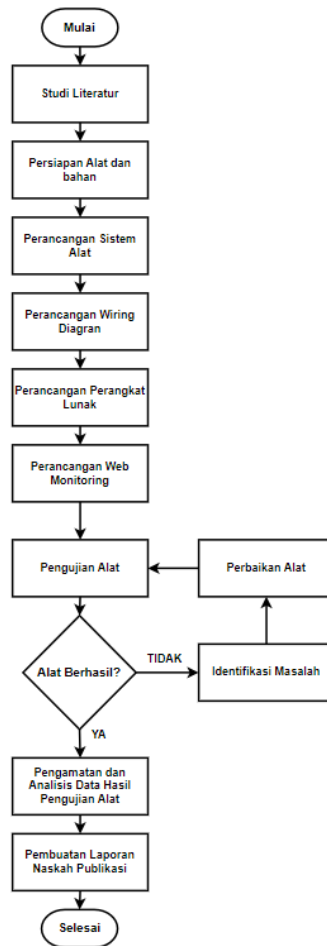
Berdasarkan hal tersebut serta mengacu pada penelitian dengan judul *Inovasi Tepat Guna Alat Pakan Anak Ayam Otomatis* (Rohmah & Prasetyo, 2025) yang telah membuat alat pemberi pakan ayam otomatis namun sistem tersebut belum terhubung dengan teknologi *Internet of things (IoT)*, sehingga hanya bisa berjalan pada mode otomatis serta tidak adanya pengontrolan secara manual dan belum dapat dipantau dari jarak jauh. Selain itu, sistem tersebut hanya berfokus pada pemberian pakan otomatis tanpa memperhatikan kondisi lingkungan di dalam kandang. Selanjutnya, pada penelitian dengan judul *Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontrolling Suhu Dan Kadar Gas Ammonia Pada Kandang Ayam Berbasis Mikrokontroller NodeMCU* (Bilal & Umar, 2020) yang telah merancang alat *monitoring* kondisi kandang ayam namun sistem tersebut masih terbatas pada pemantauan kondisi kandang saja belum dikombinasikan dengan sistem pemberian pakan ayam baik otomatis maupun pengontrolan secara manual oleh pemilik kandang. maka penelitian ini menawarkan inovasi berupa pengembangan penggabungan antara sistem pemberian pakan ayam dengan pengontrolan secara manual melalui *firebase* dengan *Monitoring* kondisi kandang dalam satu kesatuan sistem berbasis *IoT*. Melalui penggabungan tersebut memungkinkan peternak tidak hanya memastikan jadwal pakan berjalan teratur, tetapi juga dapat memantau faktor lingkungan yang memengaruhi kesehatan ayam secara bersamaan dan dari jarak jauh.

2. METODE

Peternakan ayam memiliki peran penting sebagai sumber pakan hewani namun keberhasilan pemeliharaannya sangat dipengaruhi oleh manajemen pakan dan kondisi lingkungan kandang. Pemberian pakan masih banyak dilakukan secara manual sehingga jadwal dan jumlah pakan sering tidak konsisten, terutama ketika peternak memiliki keterbatasan waktu. Selain itu, kualitas udara kandang seperti suhu dan kadar gas ammonia sangat memengaruhi kesehatan dan produktivitas ayam. Kadar ammonia yang melebihi ambang batas dan suhu yang terlalu tinggi dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan ayam. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya perancangan sistem pemberian pakan ayam otomatis dengan menambahkan fitur *Monitoring* kondisi lingkungan kandang menggunakan *IoT*, sehingga tidak hanya mampu mengotomasi proses pemberian pakan, tetapi juga memantau parameter suhu dan kadar gas ammonia secara *real-time* melalui platform yang terhubung ke *Internet*.

Penelitian ini menerapkan metode rancang bangun dengan pendekatan *Prototype Design*. Proses penelitian diawali dengan identifikasi kebutuhan sistem, dilanjutkan dengan perancangan perangkat, pengembangan *prototype*, implementasi teknologi *IoT*, pengujian, analisis, dan evaluasi sistem. Seluruh tahapan tersebut diterapkan untuk menghasilkan sistem pemberian pakan dan *monitoring* kondisi kandang berbasis ESP32. Alur pelaksanaan penelitian secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 1 dalam bentuk diagram alir yang menggambarkan setiap tahapan penelitian secara sistematis.

UMS LIBRARY
-TERAKREDITASI A-



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi seperti jurnal dan artikel penelitian yang berkaitan dengan sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroller, *Monitoring* suhu dan gas ammonia, serta penerapan *Internet of things (IoT)* dalam bidang peternakan khusus-nya pada kandang ayam. Studi ini mencakup kajian terhadap prinsip kerja sistem pemberian pakan otomatis dan manual, cara kerja sensor suhu DHT 22 untuk pendeteksian ambang batas suhu yang telah ditentukan, cara kerja sensor MQ-135 pada pendeteksian perubahan kadar gas ammonia dalam kandang, karakteristik gas ammonia serta suhu sebagai referensi batas aman untuk ayam, cara kerja sensor ultrasonik pada pendeteksian volume tangki pakan ayam berdasarkan tinggi aktual tangka pakan yang diubah menjadi bentuk persentase serta pemrograman mikrokontroller ESP32 yang terintegrasi komunikasi *Internet of Things (IoT)* melalui *Firebase*. Pengumpulan referensi dilakukan melalui studi literatur dengan memanfaatkan berbagai sumber ilmiah, seperti artikel jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang sesuai dengan ruang lingkup penelitian. Daftar alat dan bahan yang digunakan dalam pengembangan sistem pemberian pakan ayam serta monitoring kondisi kandang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Jumlah
Power supply 12V 3A	1
Power plug	1
Lampu bulb 220AC	1
Relai 5V 4-channel	1
Sensor MQ-135	1
Sensor DHT 22	1
Sensor Ultrasonik HCSR-04	1
Motor Servo MG90S	1
Kipas 12 VDC	2
ESP32 WROOM 38 Pin	1
Step down XL4005 adj	1
LCD I2C 20x4	1

Tabel 2. Komponen Utama Sistem

Komponen	Fungsi
ESP32	Pusat kendali sistem, mengatur <i>input/output</i> dan komunikasi <i>Internet of Things</i>
Sensor MQ-135	Sensor gas untuk mendeteksi perubahan kadar gas amonia di dalam kandang ayam
Sensor DHT22	Sensor suhu untuk mendeteksi temperatur di dalam kandang ayam
Sensor Ultrasonik HC-SR04	Sensor jarak untuk mendeteksi kadar pakan yang terdapat pada tangki pakan ayam
Modul Relai 5V	Sakelar yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan daya ke aktuator berdasarkan pembacaan sensor
Step down XL4005	Mengonversi tegangan masukan 12 V menjadi tegangan kerja yang sesuai untuk kebutuhan ESP32. dan komponen elektronik lainnya secara stabil.
Motor Servo MG90S	Komponen aktuator yang bertugas mengendalikan mekanisme pembukaan dan penutupan saluran distribusi pakan.
PowerSupply 12V 3A	Penyedia daya listrik utama bagi seluruh rangkaian sistem.
Lampu pijar 220V	Berfungsi sebagai penghangat kandang untuk menjaga suhu tetap berada pada rentang yang telah ditentukan.
LCD i2c 20x4	Menampilkan informasi kondisi sistem seperti suhu, kadar gas amonia, volume pakan, tanggal, waktu, dan status perangkat secara <i>real-time</i> .

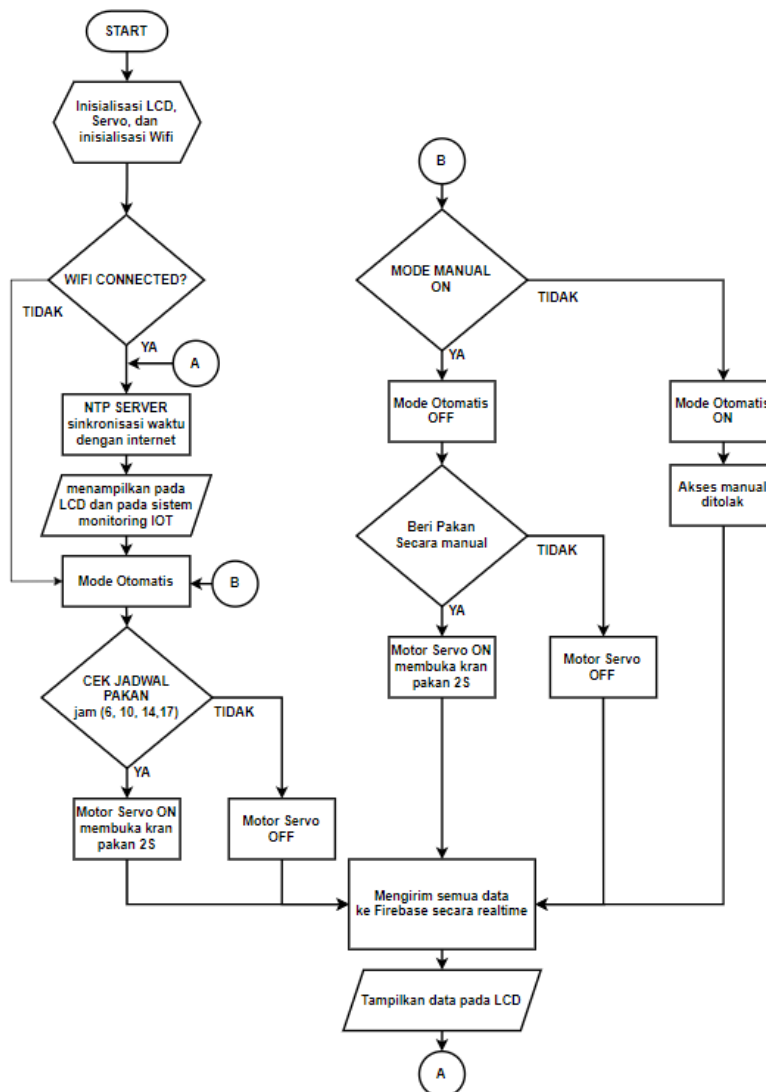
Kipas DC 12V	Berfungsi sebagai ventilasi untuk menurunkan kadar gas amonia dan membantu menurunkan suhu di dalam kandang ayam
<i>Push Button Reset</i>	sebagai tombol <i>reset</i> untuk me-restart sistem apabila terjadi gangguan atau diperlukan proses inisialisasi ulang.

Pada Tabel 2 menunjukkan komponen utama sistem diantaranya, *Power supply* 12V 3A digunakan untuk menyuplai daya listrik pada sistem alat pemberian pakan ayam dan sistem *Monitoring* kandang melalui *Step down* XL4005. Sistem pemberian pakan ayam dan sistem *Monitoring* kandang menggunakan beberapa komponen, diantaranya ESP32 sebagai mikrokontroler pengendali sistem yang menerima masukan data dari *NTP Server*, Sensor MQ-135, Sensor DHT 22, Sensor Ultrasonik HCSR-04. Data yang diperoleh dari pembacaan semua sensor tersebut diolah pada ESP32 dan menghasilkan keluaran berupa pengaktifan motor servo yang berfungsi untuk membuka kran pakan ayam, *Monitoring* suhu serta gas ammonia dalam kandang, serta pengaktifan aktuator yang berdasarkan kondisi pembacaan ambang batas kadar gas ammonia dan suhu yang telah ditentukan. Sensor Ultrasonik HCSR-04 digunakan untuk memantau volume pakan yang terdapat pada tangki pakan ayam berdasarkan tinggi aktual tangka pakan yang diubah menjadi bentuk persentase.

2.2 Perancangan Sistem Alat

2.2.1 Perancangan *Hardware*

Untuk mempermudah pemahaman terhadap mekanisme operasional sistem yang dirancang, maka pada Gambar 2 ditampilkan diagram alir sistem pemberian pakan ayam otomatis ataupun manual dan Gambar 3 diagram alir sistem *Monitoring* kondisi kandang. Diagram tersebut menggambarkan urutan proses yang berlangsung dalam sistem, mulai dari akuisisi data oleh sensor, pemrosesan informasi menggunakan mikrokontroler, hingga pengoperasian aktuator yang digunakan selama sistem berjalan. Selain itu, pada diagram juga ditunjukkan proses *Monitoring* sistem melalui web berbasis *Firebase* sehingga kondisi kandang dan data pembacaan dapat dipantau secara *realtime*.



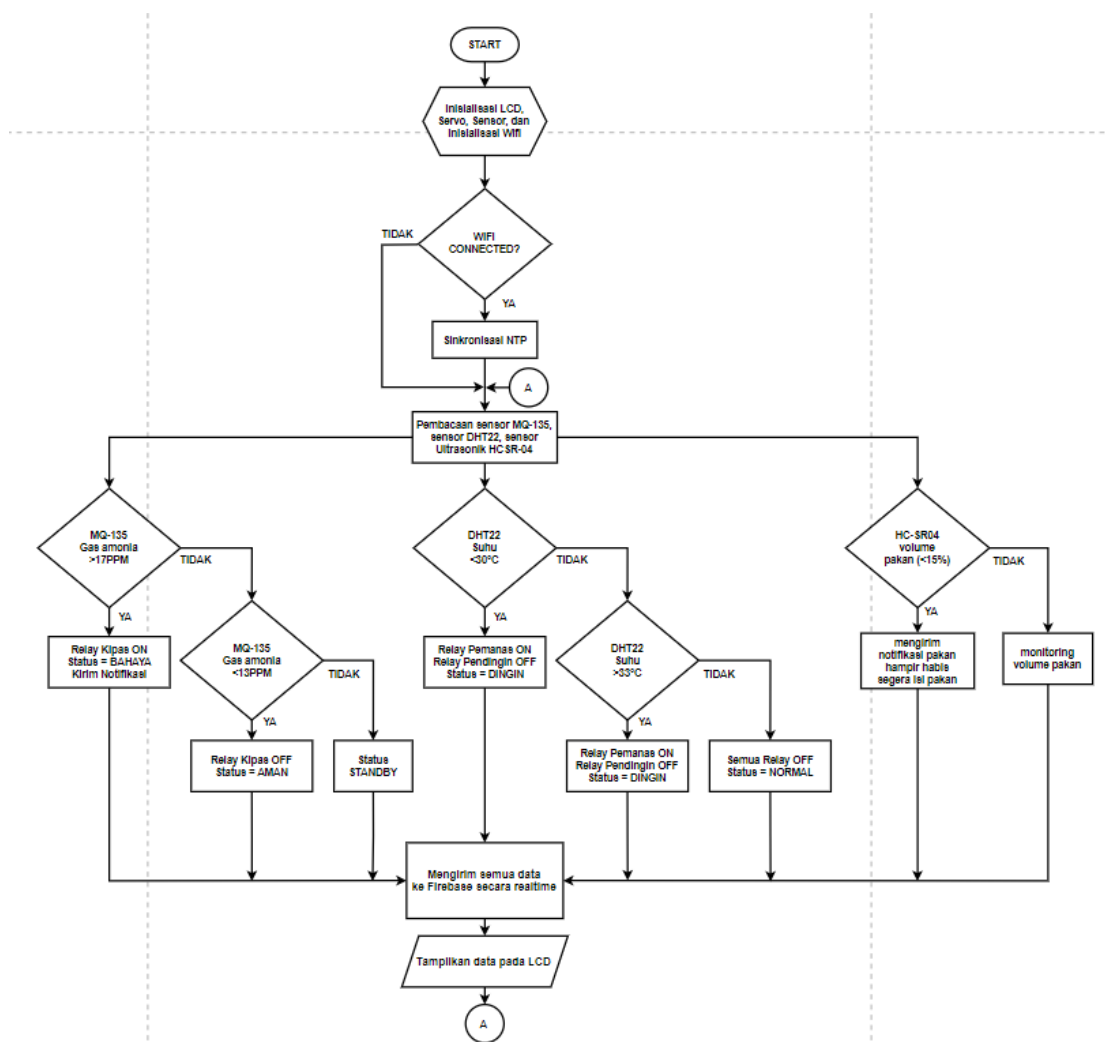
Gambar 2. Diagram Alir Sistem Pemberian Pakan Otomatis dan Manual

Gambar 2 merupakan diagram alir sistem pemberian pakan ayam yang menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam dua mode, yaitu mode otomatis dan mode manual. Proses dimulai dari inisialisasi seluruh perangkat keras seperti ESP32, LCD I2C, motor servo, koneksi WiFi, serta sinkronisasi waktu menggunakan *Network Time Protocol (NTP)*. Setelah perangkat berhasil terhubung dengan jaringan *Internet*, sistem akan menampilkan informasi waktu dan status sistem pada LCD serta pada halaman *Monitoring* berbasis *Internet of things (IoT)*.

Pada mode otomatis, sistem melakukan pengecekan waktu secara terus-menerus berdasarkan data waktu dari *server NTP*. Pemberian pakan dilakukan secara otomatis pada jadwal yang telah dikonfigurasi, yaitu pukul 06.00, 10.00, 14.00, dan 17.00. motor servo diaktifkan untuk menggeser mekanisme penyalur pakan. Setelah durasi pemberian pakan berakhir, servo Kembali ke posisi semula sehingga aliran pakan berhenti dan sistem kembali ke kondisi siaga.

Selain mode otomatis, sistem juga dilengkapi dengan mode manual yang digunakan untuk memberikan pakan secara langsung melalui antarmuka *Monitoring*. Ketika mode manual diaktifkan,

sistem otomatis menonaktifkan mode otomatis agar tidak terjadi benturan perintah pada motor servo. Pada kondisi ini, pengguna dapat menekan tombol pemberian pakan manual melalui *website Monitoring*. Selanjutnya motor servo akan membuka katup pakan dalam durasi yang telah ditentukan, lalu mengembalikan posisinya setelah proses pemberian pakan berakhir. Namun apabila pengguna mencoba memberikan pakan tanpa mengaktifkan mode manual terlebih dahulu, maka sistem akan menolak perintah tersebut sehingga pemberian pakan tidak dapat dilakukan. Seluruh aktivitas sistem, baik pada mode otomatis maupun mode manual, akan dikirimkan ke *Firestore Realtime Database* secara *realtime* dan ditampilkan pada LCD I2C serta *website Monitoring*. Dengan adanya mekanisme tersebut, pengguna dapat memantau kondisi sistem dan proses pemberian pakan secara langsung dari jarak jauh.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem *Monitoring Kandang*

Gambar 3 merupakan diagram alir sistem *Monitoring* kandang dimana sistem dimulai dari proses inisialisasi seluruh perangkat yang digunakan, meliputi LCD I2C, sensor DHT22, sensor MQ-135, sensor ultrasonik HC-SR04, relai, serta koneksi WiFi pada ESP32. Setelah seluruh perangkat berhasil diinisialisasi, sistem melakukan koneksi ke jaringan *Internet* agar ESP32 dapat terhubung dengan

Firebase dan melakukan sinkronisasi waktu melalui *NTP Server*. Setelah koneksi berhasil dilakukan, sistem masuk ke proses pembacaan sensor secara terus menerus. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu kandang, sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi perubahan kadar gas ammonia, sedangkan sensor HC-SR04 digunakan untuk mengetahui volume pakan di dalam tangki penyimpanan pakan. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh aktuator.

Sensor DHT22 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, namun pada penelitian ini hanya parameter suhu yang dimanfaatkan sebagai masukan sistem. Data suhu digunakan sebagai dasar pengendalian aktuator berupa lampu pemanas dan kipas untuk menjaga kondisi kandang sesuai batas yang telah ditentukan. Adapun data kelembapan tidak dimanfaatkan sebagai parameter monitoring maupun pengendalian karena tidak termasuk dalam ruang lingkup dan tujuan penelitian ini.

Pada proses *Monitoring* suhu, sistem membandingkan nilai suhu yang terbaca dengan batas yang telah ditentukan. Jika suhu berada di bawah 30°C maka relai pemanas atau lampu pijar akan aktif sebagai upaya menjaga suhu kandang tetap hangat. Jika suhu berada pada rentang 30°C hingga 33°C maka kondisi kandang dianggap normal sehingga relai pemanas dan pendingin berada pada kondisi mati. Selanjutnya apabila suhu melebihi 33°C maka relai pendingin atau kipas akan aktif untuk membantu menurunkan suhu di dalam kandang.

Pada *Monitoring* gas ammonia, sistem menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi perubahan kadar gas ammonia yang ditampilkan dalam satuan ppm. Sensor MQ-135 pada penelitian ini digunakan sebagai indikator perubahan kadar gas berdasarkan karakteristik sensor dan persamaan pendekatan dari datasheet. Penelitian ini tidak melakukan kalibrasi menggunakan gas ammonia standar maupun alat ukur referensi, sehingga nilai ppm yang diperoleh merupakan hasil estimasi dan digunakan sebagai acuan pemantauan, bukan sebagai nilai konsentrasi absolut.

Untuk menjaga kestabilan kerja relai kipas, sistem menerapkan metode *hysteresis*. Relai akan aktif ketika hasil estimasi kadar gas ammonia melebihi 17 ppm dan akan nonaktif kembali apabila nilainya turun di bawah 13 ppm. Sementara itu, jika nilai pembacaan berada pada rentang 13–17 ppm, kondisi relai dipertahankan sesuai dengan status sebelumnya. Penerapan metode *hysteresis* bertujuan untuk mencegah relai aktif dan nonaktif secara berulang akibat perubahan nilai sensor di sekitar batas ambang, sehingga sistem bekerja lebih stabil dan umur pakai relai dapat lebih terjaga.

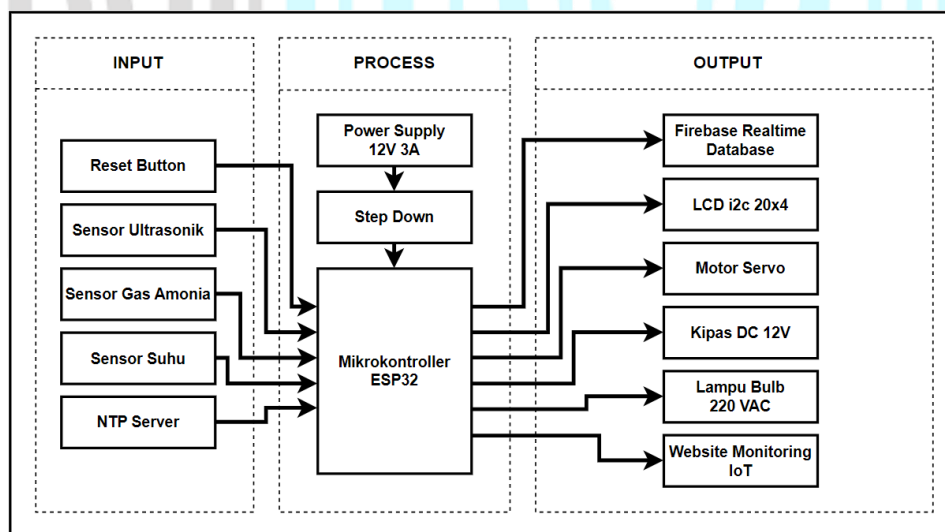
Selanjutnya pada *Monitoring* volume pakan, ultrasonik dimanfaatkan untuk mendeteksi jarak antara sensor dan permukaan objek pakan terhadap sensor. Nilai jarak tersebut kemudian dikonversi menjadi persentase volume pakan. Jika volume pakan berada di bawah 15%, maka sistem akan memberikan notifikasi bahwa pakan hampir habis sehingga wadah pakan perlu segera diisi kembali.

Apabila volume pakan masih berada di atas batas minimum, maka sistem akan menampilkan status pakan dalam kondisi cukup.

Data sensor dan status aktuator dikirim secara *real time* ke *Firebase*, kemudian ditampilkan pada LCD I2C dan *website monitoring*. Melalui teknologi *IoT*, kondisi kandang dapat dipantau dari jarak jauh secara *real-time* melalui antarmuka web. Setelah proses pengiriman data selesai dilakukan, sistem kembali mengulangi proses pembacaan sensor sehingga *Monitoring* dapat berjalan secara kontinu dan *realtime*.

2.2.1.1 Blok Diagram Sistem

Untuk memudahkan perancangan mengenai cara kerja alat secara keseluruhan, digunakan blok diagram sistem. Diagram sistem pada Gambar 4 menggambarkan hubungan antara komponen input, proses, dan *output* pada sistem pemberian pakan ayam dan *Monitoring* kondisi kandang. Komponen input berfungsi untuk mendeteksi kondisi atau perintah dari pengguna dan pendeteksian sensor, bagian proses data pembacaan dan perintah tersebut diolah juga mengatur logika kerja sistem menggunakan mikrokontroller, sedangkan pada bagian *output* berfungsi untuk melakukan aksi yang diinstruksikan dari blok proses.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem

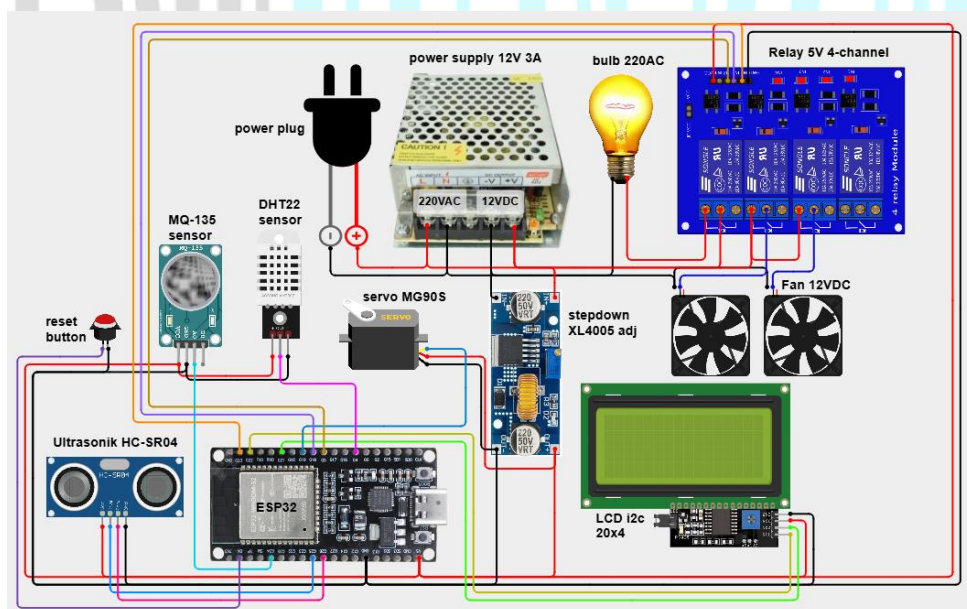
Berdasarkan Gambar 4 mengenai blok diagram sistem, dapat diketahui bahwa penelitian yang dilakukan memiliki alur kerja sistem yang saling terhubung menjadi tiga tahapan utama, yaitu masukan (*input*), pengolahan (*process*), dan keluaran (*output*). Pada bagian *input*, data diperoleh dari beberapa sensor yang digunakan sebagai parameter *Monitoring* kondisi kandang. Sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu kandang ayam, sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi perubahan kadar gas ammonia, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur volume pakan pada tangki penyimpanan pakan. Selain sensor, sistem juga memanfaatkan sinkronisasi

waktu dari *NTP Server* agar jadwal pemberian pakan otomatis dapat berjalan sesuai waktu yang telah ditentukan.

Pada bagian *process*, sistem menggunakan catu daya utama berupa *power supply* 12V DC 3A sebagai sumber tegangan keseluruhan alat. Tegangan 220VAC dari *power supply* digunakan secara langsung untuk aktuator lampu pijar sebagai pemanas kandang, sedangkan keluaran 12VDC dibagi menjadi dua jalur. Jalur pertama digunakan untuk menyuplai aktuator kipas DC 12V, sementara jalur kedua dihubungkan ke modul *step down converter* untuk menurunkan tegangan menjadi 5VDC. Tegangan 5V tersebut digunakan untuk menyuplai mikrokontroller ESP32, sensor, LCD I2C, modul relay. Seluruh data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi kandang serta mengendalikan aktuator sesuai parameter yang telah ditetapkan.

Pada bagian *output*, sistem menghasilkan dua jenis keluaran, yaitu *Monitoring* dan aktuator. *Output Monitoring* berupa tampilan data pembacaan sensor pada LCD I2C serta pengiriman data secara *realtime* ke *Firestore* dan *website Monitoring* berbasis *IoT*. Data yang ditampilkan meliputi suhu kandang, kadar gas ammonia, volume pakan, serta status aktuator yang sedang aktif. Sementara itu, *output* aktuator terdiri dari motor servo sebagai penggerak sistem pemberian pakan, kipas DC 12V sebagai sirkulasi udara ketika kadar gas atau suhu meningkat, serta lampu pijar 220VAC yang berfungsi menjaga suhu kandang tetap hangat saat suhu berada di bawah batas minimum.

2.2.1.2 Perancangan Wiring Diagram

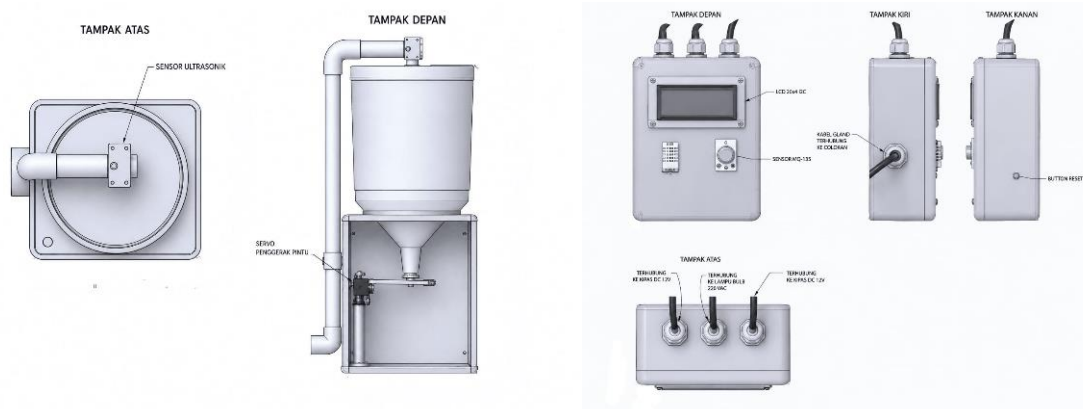


Gambar 5. Wiring Diagram System

Ditinjau pada Gambar 5 Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroller ESP32-WROOM-32 sebagai pusat pengendali seluruh proses. ESP32 dipilih karena telah dilengkapi dengan modul WiFi sehingga mampu mendukung komunikasi data dengan *Firestore Realtime Database* untuk kebutuhan media pemantauan dan pengendalian sistem secara *realtime* melalui jaringan *Internet*.

Sumber tegangan sistem *power supply* 12 VDC 3 A. Tegangan 12 VDC tersebut digunakan secara langsung untuk menyuplai kipas DC 12volt. Selain itu, tegangan 12 VDC juga diturunkan menggunakan modul step-down XL4005 menjadi 5 VDC untuk menyuplai komponen yang lain, seperti ESP32, sensor DHT22, sensor MQ-135, sensor HC-SR04, relai, LCD I2C 20x4, dan motor servo MG90S. Sistem aktuator terdiri atas motor servo MG90S, relai 4 *channel*, lampu pijar, dan kipas DC. Motor servo digunakan sebagai mekanisme pembuka dan penutup saluran pakan ayam baik pada mode otomatis maupun mode manual. Pengendalian actuator dilakukan melalui relai 4 *channel* yang bekerja sebagai media *switching* berdasarkan perintah yang dikirimkan oleh ESP32 dengan dengan aktuator, yaitu lampu pijar dan kipas DC. sistem menggunakan LCD I2C 20x4 yang berfungsi menampilkan informasi suhu kandang, kadar gas ammonia, volume pakan, tanggal, dan waktu sistem. Penggunaan antarmuka I2C dipilih karena hanya memerlukan dua jalur komunikasi, yaitu SDA dan SCL, sehingga penggunaan pin pada ESP32 menjadi lebih efisien. Penambahan tombol *reset* yang terhubung ke pin EN (*Enable*) pada ESP32 digunakan untuk melakukan proses restart mikrokontroler apabila terjadi gangguan atau kesalahan pada sistem tanpa harus memutus sumber daya utama. Setelah tahap perancangan skematik rangkaian selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah membuat desain PCB (*Printed Circuit Board*). Tahap ini bertujuan untuk menyusun dan menghubungkan seluruh komponen elektronik ke dalam satu papan rangkaian sehingga sistem menjadi lebih rapi, kokoh, dan mudah dalam proses perakitan. Selain itu, penggunaan PCB juga dapat mengurangi kesalahan pemasangan kabel yang sering terjadi pada rangkaian *prototype*.

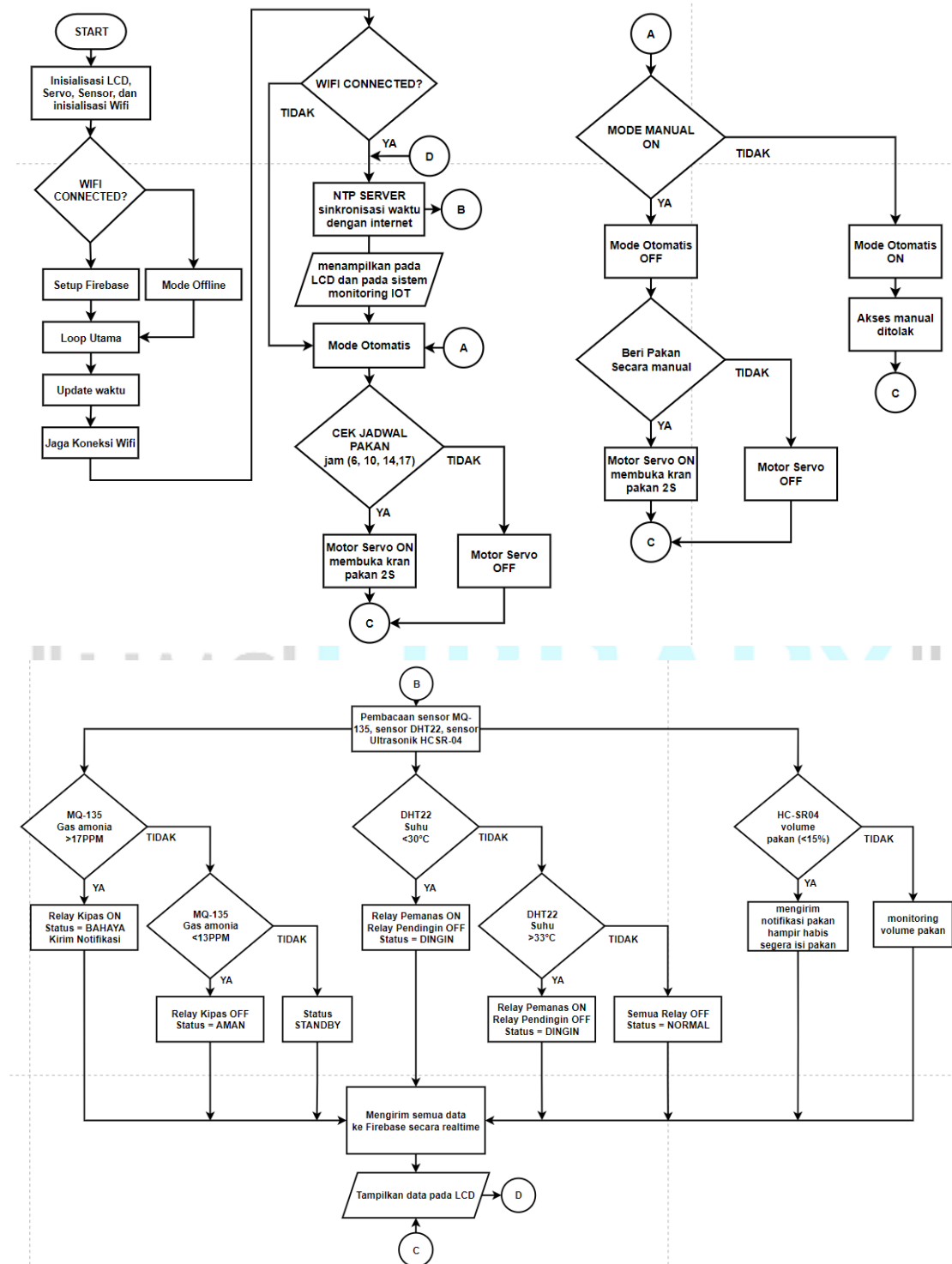
Proses perancangan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan desain fisik alat dalam bentuk tiga dimensi (3D) seperti pada gambar 6. Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan gambaran mengenai bentuk, ukuran, dan tata letak komponen pada alat yang akan dibuat, sehingga seluruh komponen dapat terpasang dengan baik, rapi, serta aman saat dioperasikan.



Gambar 6. Desain 3D Boks kontroller dan Alat Pemberi Pakan Ayam

2.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini pemrograman mikrokontroller ESP32 menggunakan Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman C++. Program yang dikembangkan pada penelitian ini digunakan untuk melakukan pembacaan data dari sensor, mengatur kerja aktuator sesuai kondisi yang terdeteksi, melakukan sinkronisasi waktu melalui *NTP Server*, mengirimkan data hasil pemantauan ke *Firestore Realtime Database*, serta menerima perintah kontrol yang diberikan melalui *website Monitoring*.



Gambar 7. Flowchart Perancangan Software

Gambar 7 menunjukkan *flowchart* perancangan perangkat lunak yang mendukung operasional sistem. Proses diawali dengan inisialisasi perangkat keras yang meliputi LCD, motor servo, sensor, serta koneksi WiFi. Setelah inisialisasi, sistem memeriksa ketersediaan jaringan WiFi. Apabila perangkat berhasil terhubung ke jaringan WiFi, maka sistem akan melakukan sinkronisasi waktu menggunakan *NTP Server*, kemudian mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *Firebase* untuk keperluan *monitoring* secara real-time melalui website. Sebaliknya, jika koneksi WiFi tidak tersedia, sistem tetap dapat beroperasi dalam mode *offline* sehingga fungsi utama alat tetap berjalan.

Setelah tahap inisialisasi selesai, program akan masuk ke proses utama yang diawali dengan pembaruan waktu dan pengecekan koneksi WiFi secara berkala. Selanjutnya sistem akan menjalankan fitur pemberian pakan baik secara otomatis maupun manual. Pada mode otomatis, sistem akan memeriksa jadwal pemberian pakan yang telah ditetapkan, yaitu pukul 06.00, 10.00, 14.00, dan 17.00. Apabila jadwal terpenuhi, motor servo membuka saluran pakan selama durasi tertentu, kemudian kembali ke posisi awal setelah proses pendistribusian selesai. Pada mode manual diaktifkan oleh pengguna, maka mode otomatis akan dinonaktifkan sementara untuk menghindari terjadinya konflik perintah. Selanjutnya pengguna dapat memberikan perintah pemberian pakan melalui antarmuka website, kemudian ESP32 akan menerima perintah tersebut dan menggerakkan motor servo untuk mengeluarkan pakan sesuai kebutuhan.

Pada proses *monitoring* lingkungan kandang, sistem melakukan pembacaan tiga parameter utama, yaitu konsentrasi amonia menggunakan sensor MQ135, suhu kandang diukur oleh sensor DHT22, serta volume pakan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Penjelasan mengenai karakteristik sensor MQ-135, metode perolehan nilai ppm, serta keterbatasan hasil pembacaannya telah dijelaskan pada bagian perancangan sistem. Berdasarkan hasil estimasi pembacaan sensor tersebut, sistem menerapkan metode *hysteresis* untuk mengendalikan relay kipas. Relay akan aktif ketika hasil estimasi kadar gas amonia melebihi 17 ppm dan akan kembali nonaktif apabila nilainya turun di bawah 13 ppm.

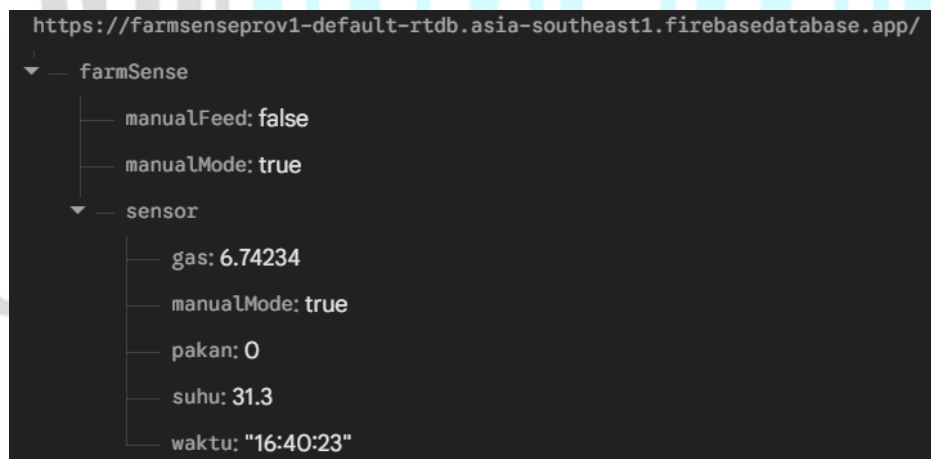
Pembacaan suhu kandang digunakan untuk mengendalikan sistem pemanas dan pendingin secara otomatis. Jika suhu berada di bawah 30°C maka relai pemanas (lampu pijar) akan aktif dan relai pendingin (kipas) akan nonaktif sehingga kondisi kandang menjadi lebih hangat. Sebaliknya, apabila suhu melebihi 33°C maka relai pendingin (kipas) akan aktif dan relai pemanas (lampu pijar) akan dimatikan untuk menurunkan suhu kandang. Ketika suhu berada pada rentang 30°C hingga 33°C, kedua relai akan berada pada kondisi nonaktif karena suhu dianggap berada pada kondisi normal.

Selain *monitoring* lingkungan, sistem juga melakukan pemantauan ketersediaan pakan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Jika volume pakan berada di bawah 15%, sistem akan menampilkan peringatan bahwa pakan harus segera diisi ulang. Sebaliknya, apabila volume pakan

masih berada di atas batas minimum, sistem hanya menampilkan informasi kondisi pakan pada LCD dan website *monitoring*.

2.2.2.1 Perancangan *Firestore Realtime Database*

Firestore Realtime Database digunakan sebagai media komunikasi data antara sistem pada kandang ayam dan *website Monitoring* yang dapat diakses melalui *Internet*. *Firestore* berfungsi untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor secara real-time serta digunakan untuk mengirim perintah dari *website* ke mikrokontroler, seperti aktivasi mode manual dan pemberian pakan manual. Data yang dikirim ke *Firestore* meliputi suhu kandang dari sensor DHT22, kadar gas ammonia dari sensor MQ-135, persentase volume pakan dari sensor ultrasonik, serta informasi waktu yang diperoleh dari *NTP Server*. Selain sebagai penyimpanan data *Monitoring*, *Firestore* juga menyimpan status kontrol sistem, yaitu *manualMode* untuk memilih mode pemberian pakan otomatis atau manual, serta *manualFeed* sebagai perintah pemberian pakan secara manual melalui *website*. Struktur *Firestore Realtime Database* yang diterapkan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 8. Struktur tersebut terdiri atas node *manualMode* sebagai status pemilihan mode pemberian pakan, node *manualFeed* sebagai perintah pemberian pakan secara manual, dan node sensor yang berisi data hasil pembacaan sensor.



Gambar 8. Struktur *Firestore Realtime Database*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Alat

3.1.1 Tampilan Boks Kontroller



Gambar 9. Tampilan Boks Kontroller

Pada Gambar 9 merupakan tampilan boks kontroller yang digunakan untuk menaruh komponen-komponen sistem pemberian pakan serta sistem *monitoring* kondisi kandang serta volume pakan. Dapat dilihat bagian dalam dari boks kontrol terdapat ESP32 yang digunakan sebagai mikrokontroler utama untuk mengolah data pembacaan semua sensor dan mengendalikan aktivasi aktuator. Selain itu, di dalam boks kontrol terdapat relai modul untuk aktivasi aktuator seperti lampu dan kipas berdasarkan parameter pembacaan sensor, *power supply* sebagai sumber tegangan sistem, Tegangan keluaran dari catu daya 12 VDC sebagian digunakan untuk mensuplai aktuator, sedangkan sebagian lainnya diturunkan menjadi 5 V menggunakan modul step-down untuk mensuplai ESP32, sensor, LCD, dan modul relai yang digunakan pada sistem. Kemudian di bagian luar boks kontrol terdapat LCD i2c yang digunakan untuk menampilkan pembacaan dari sinkronisasi *NTP Server*, dan seluruh sensor yang digunakan, di bawah LCD terdapat dua sensor sistem *monitoring* yaitu DHT22 untuk pembacaan suhu pada kandang dan MQ-135 untuk pembacaan perubahan kadar gas Ammonia pada kandang. Di Bagian kanan terdapat *reset button* digunakan untuk melakukan proses restart mikrokontroler apabila terjadi gangguan atau kesalahan pada sistem tanpa harus memutus sumber daya utama.

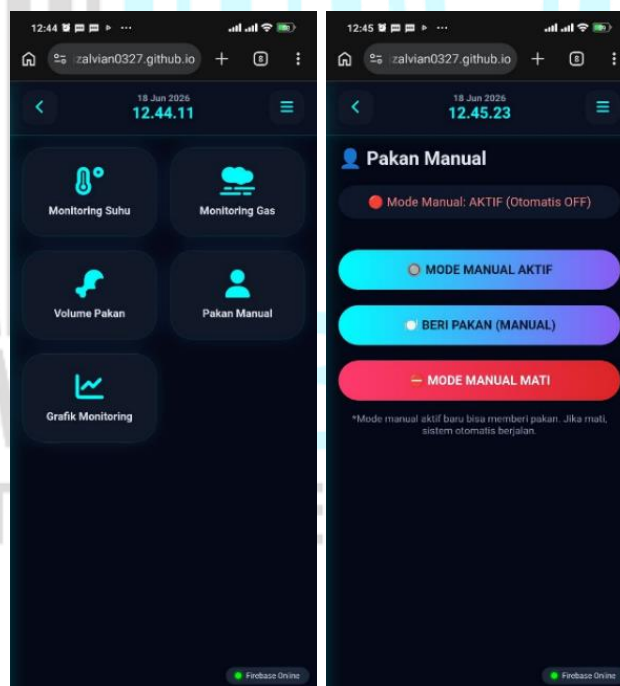
3.1.2 Tampilan Alat Pakan Ayam



Gambar 10. Tampilan *Prototype* Alat Pakan Ayam

Pada Gambar 10 ditampilkan *prototype* alat pemberian pakan ayam yang menggunakan kaleng bekas kemasan biskuit sebagai wadah penyimpanan pakan sekaligus tempat pemasangan beberapa komponen pendukung. Pada bagian dalam wadah dipasang motor servo yang berfungsi mengatur pembukaan saluran keluarnya pakan sesuai instruksi dari sistem. Selain itu, sensor ultrasonik yang ditempatkan pada bagian atas wadah digunakan untuk memantau ketersediaan pakan secara berkala. Hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler untuk diolah dan ditampilkan pada LCD maupun *website monitoring* dalam bentuk persentase. Kaleng bekas kemasan biskuit dipilih sebagai wadah pada *prototype* karena memiliki struktur yang cukup kaku, mudah dimodifikasi, serta mampu menopang pemasangan motor servo dan sensor ultrasonik selama proses implementasi dan pengujian fungsional sistem. Sementara itu, pipa PVC (paralon) digunakan sebagai jalur sekaligus pelindung kabel yang menghubungkan sensor ultrasonik dan motor servo dengan boks kontrol sehingga instalasi kabel menjadi lebih rapi serta mengurangi risiko kerusakan akibat benturan selama proses pengujian. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan pengujian kinerja fungsional sistem pemberian pakan otomatis maupun manual berbasis IoT. Oleh karena itu, evaluasi terhadap ketahanan material wadah pakan pada lingkungan kandang serta pengujian kesesuaian material terhadap standar keamanan pangan (*food grade*), tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian.

3.1.3 Tampilan *Website Monitoring*



Gambar 11. Tampilan *Website Monitoring*

Antarmuka *website monitoring* yang ditunjukkan pada Gambar 11 digunakan sebagai sarana untuk mengawasi kondisi kandang ayam melalui koneksi *internet*. Data yang disajikan mencakup waktu pengukuran, suhu lingkungan kandang, kadar gas amonia, serta tingkat ketersediaan pakan. Untuk mendukung analisis kondisi kandang, *website* juga dilengkapi tiga grafik yang menampilkan tren perubahan nilai sensor berdasarkan waktu pengambilan data. Informasi tersebut diperoleh dari *Firebase* yang berfungsi sebagai penghubung pertukaran data antara ESP32 dan platform monitoring. Selain menyajikan informasi kondisi kandang, *website* memungkinkan pengguna melakukan pengendalian pemberian pakan pada mode manual. Dengan demikian, pemantauan maupun

pengoperasian sistem dapat dilakukan secara fleksibel dari lokasi yang berbeda tanpa perlu datang langsung ke kandang.

3.2 Hasil Pengujian Alat

3.2.1 Pengujian Perbandingan termometer dengan Sensor Suhu DHT22

Pada pengujian perbandingan termometer dengan sensor DHT22 dilakukan untuk mengecek tingkat akurasi sensor yang digunakan terhadap alat ukur eksternal seperti termometer digital sebagai acuan. Tujuan pengujian ini adalah mengevaluasi ketepatan sensor suhu dalam merepresentasikan kondisi sebenarnya. Hasil pengujian digunakan untuk memastikan bahwa data yang disajikan pada sistem monitoring berbasis web dan LCD dapat dipercaya sebagai sumber informasi. Untuk menilai performa sensor, dilakukan perhitungan nilai *error* menggunakan Persamaan (1) dan tingkat akurasi menggunakan Persamaan (2).

$$Error(\%) = \left(\frac{Hasil\ ukur\ Sensor - Hasil\ ukur\ termometer}{Hasil\ ukur\ termometer} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$Akurasi(\%) = 100 - nilai\ error \quad (2)$$

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian sensor suhu DHT22 dengan jumlah sampel suhu yang diambil sebanyak 15 kali pengukuran diwaktu yang berbeda-beda antara lain, pagi, siang, dan sore.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT22

No	Waktu Pengujian (WIB)	DHT22 (°C)	Termometer Referensi (°C)	Selisih (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	6:10	29.6	28.5	1.1	3.86	96.14
2	6:12	29.8	28.8	1	3.47	96.53
3	6:15	30	29.5	0.5	1.69	98.31
4	6:17	30.1	29.4	0.7	2.38	97.62
5	6:20	30.3	29.4	0.9	3.06	96.94
6	11:30	33.4	32.8	0.6	1.83	98.17
7	11:31	33.5	32.5	1	3.08	96.92
8	11:33	33.7	33	0.7	2.12	97.88
9	11:35	34.1	33.2	0.9	2.71	97.29
10	11:37	33.9	32.9	1	3.04	96.96
11	16:01	32.7	31.5	1.2	3.81	96.19
12	16:02	32.8	32.5	0.3	0.92	99.08
13	16:04	32.9	32.1	0.8	2.49	97.51
14	16:05	33	32.3	0.7	2.17	97.83
15	16:06	32.8	31.7	1.1	3.47	96.53

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu yang terdeteksi oleh sensor DHT22 berada pada rentang 29,6°C–34,1°C. Sebagai pembanding, termometer digital mencatat suhu antara 28,5°C dan 33,2°C. Analisis terhadap kedua data tersebut menunjukkan adanya perbedaan pengukuran sebesar 0,3°C hingga 1,2°C. Nilai deviasi tertinggi ditemukan pada pengujian ke-11, yaitu sebesar 1,2°C, sedangkan deviasi terendah terjadi pada pengujian ke-12 dengan nilai 0,3°C. Berdasarkan perhitungan *error*, diperoleh nilai *error* berkisar antara 0,92% hingga 3,86%. Nilai *error* tertinggi terjadi pada pengujian pertama sebesar 3,86%, sedangkan nilai *error* terendah terjadi pada pengujian ke-12 sebesar 0,92%. Perbedaan hasil pengukuran pada sensor DHT22 dengan thermometer yang selisihnya bisa sampai 1°C atau bahkan lebih dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah karakteristik akurasi pembacaan sensor dimana jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lebih modern seperti AHT20 atau SHT30, DHT22 memiliki tingkat ketelitian yang lebih rendah. Namun demikian dari hasil perhitungan akurasi diperoleh nilai akurasi antara 96,14% hingga 99,08%. Sehingga sensor DHT22 dapat dikatakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan mampu digunakan untuk memantau kondisi suhu kandang pada sistem yang dirancang.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT22 terhadap Aktivasi Relai

Waktu Pengujian (WIB)	DHT22 (°C)	Status	Relai
6:10	29.6	Dingin	Lampu ON
6:12	29.8	Dingin	Lampu ON
6:15	30	Normal	Kipas dan Lampu OFF
6:17	30.1	Normal	Kipas dan Lampu OFF
6:20	30.3	Normal	Kipas dan Lampu OFF
11:30	33.4	Panas	Kipas ON
11:31	33.5	Panas	Kipas ON
11:33	33.7	Panas	Kipas ON
11:35	34.1	Panas	Kipas ON
11:37	33.9	Panas	Kipas ON
16:01	32.7	Normal	Kipas dan Lampu OFF
16:02	32.8	Normal	Kipas dan Lampu OFF
16:04	32.9	Normal	Kipas dan Lampu OFF
16:05	33	Normal	Kipas dan Lampu OFF
16:06	32.8	Normal	Kipas dan Lampu OFF

Pada tabel 4 menunjukan hasil pengujian pembacaan sensor suhu terhadap aktivasi relai, berdasarkan hasil pengujian pada pagi hari pukul 06.10 WIB dan pukul 06.12 WIB suhu yang terbaca masing masing sebesar 29,6°C dan 29,8°C. Nilai tersebut berada di bawah batas suhu normal yang telah ditetapkan, sehingga sistem memberikan status dingin dan mengaktifkan relai lampu pemanas. Pada pukul 06.15 WIB hingga 06.20 WIB suhu meningkat ke rentang 30,0°C sampai 30,3°C sehingga

kondisi kandang berubah menjadi normal dan lampu pemanas otomatis dimatikan. Pada siang hari, suhu kandang mengalami peningkatan hingga berada pada rentang 33,4°C sampai 34,1°C. Kondisi ini menyebabkan sistem memberikan status panas dan mengaktifkan relai kipas untuk membantu menurunkan suhu kandang. Sementara itu, pada sore hari suhu kembali berada pada rentang normal, yaitu antara 32,7°C hingga 33,0°C, sehingga kipas dan lampu pemanas berada dalam kondisi mati.

3.2.2 Pengujian Konsentrasi Gas Ammonia oleh MQ-135

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi respon sensor MQ-135 dalam mendeteksi perubahan konsentrasi gas amonia berdasarkan karakteristik sensor. Pada penelitian ini tidak dilakukan kalibrasi menggunakan gas amonia standar maupun alat ukur gas referensi sehingga nilai ppm yang diperoleh merupakan nilai estimasi berdasarkan persamaan pendekatan dari datasheet sensor. Tingginya kadar amonia di dalam kandang dapat berdampak buruk terhadap kesehatan ayam dan peternak. Penelitian oleh (Meliala et al., 2023) menyatakan bahwa konsentrasi amonia yang berada di atas ambang 25 ppm berpotensi menimbulkan berbagai gangguan kesehatan pada ternak.

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran konsentrasi gas dengan jumlah sampel gas ammonia yang diambil sebanyak 15 kali pengukuran diwaktu yang berbeda-beda antara lain, pagi, siang, dan sore dengan kondisi lingkungan yang bervariasi.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Gas MQ-135 terhadap Aktivasi Relai

No	Waktu Pengujian (WIB)	PPM Ammonia	Status	Relai
1	6:10	9.8	Aman	Kipas OFF
2	6:12	10.1	Aman	Kipas OFF
3	6:15	10.5	Aman	Kipas OFF
4	6:17	10.8	Aman	Kipas OFF
5	6:20	11.1	Aman	Kipas OFF
6	11:30	15.5	Bahaya	Kipas ON
7	11:31	16.1	Bahaya	Kipas ON
8	11:33	17.2	Bahaya	Kipas ON
9	11:35	18	Bahaya	Kipas ON
10	11:37	19.3	Bahaya	Kipas ON
11	16:01	13.8	Aman	Kipas OFF
12	16:02	14.3	Aman	Kipas OFF
13	16:04	15.2	Bahaya	Kipas ON
14	16:05	14.8	Aman	Kipas OFF
15	16:06	14.5	Aman	Kipas OFF

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan Pada pagi hari, nilai konsentrasi ammonia berada pada rentang 9,8 ppm hingga 11,1 ppm. Nilai tersebut masih berada pada kategori aman sehingga relai

kipas tetap dalam kondisi mati. Selanjutnya, Pada siang hari terjadi peningkatan konsentrasi ammonia hingga mencapai 15,5 ppm sampai 19,3 ppm, hal tersebut membuat relai kipas aktif untuk membantu mengurangi kadar gas ammonia dalam kandang ayam karena nilai ammonia melebihi batas 14 ppm sehingga status berubah menjadi bahaya Pada sore hari konsentrasi ammonia cenderung menurun dan berada pada rentang 13,8 ppm hingga 15,2 ppm. Terlihat bahwa pada pengujian pukul 16.04 WIB nilai ammonia mencapai 15,2 ppm sehingga sistem masih memberikan status bahaya dan kipas tetap aktif. Setelah konsentrasi ammonia turun menjadi 14,8 ppm dan 14,5 ppm, sistem kembali menampilkan status aman dan relai kipas dalam kondisi mati. Pembacaan konsentrasi gas ammonia pada kandang juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan, kelembapan udara, sirkulasi udara, serta konsentrasi gas di sekitar sensor saat proses pembacaan dilakukan.

3.2.3 Pengujian Perbandingan Jarak Penggaris dengan Sensor Ultrasonik HCSR-04

Pada pengujian perbandingan jarak penggaris dengan sensor ultrasonik hcsr-04 dilakukan untuk mengecek tingkat akurasi sensor yang digunakan terhadap alat ukur eksternal seperti penggaris mistar sebagai acuan. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa pembacaan sensor sesuai dengan nilai sebenarnya sehingga data yang tertampil pada web *monitoring* maupun pada LCD dapat diandalkan. Untuk mengetahui nilai selisih, pengonversian dari jarak ke bentuk persentase, serta tingkat *error* dari pembacaan sensor suhu, digunakan persamaan 3 untuk menghitung selisih, persamaan 4 untuk persentase volume pakan, dan persamaan 5 untuk persentase *error* dari pembacaan sensor.

$$\text{Selisih(cm)} = |\text{jarak aktual} - \text{jarak sensor}| \quad (3)$$

$$\text{Persentase pakan(\%)} = \left(\frac{17 - \text{jarak sensor}}{17} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Error(\%)} = \left(\frac{\text{selisih}}{\text{jarak aktual}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk mengevaluasi ketepatan hasil pengukurannya. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6, data yang diperoleh sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris sebagai acuan, sehingga dapat diketahui Tingkat akurasi sensor dalam memantau ketersediaan pakan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HCSR-04

No	Waktu Pengujian (WIB)	Jarak Aktual (cm)	Jarak Sensor (cm)	Selisih (cm)	Persentase Sensor (%)	Error (%)	Status
1	6:05	2	2.2	0.2	87.06	10.00	Cukup
2	7:30	3.5	3.6	0.1	78.82	2.86	Cukup
3	9:10	4	4.2	0.2	75.29	5.00	Cukup
4	10:05	6	6.3	0.3	62.94	5.00	Cukup

5	11:30	7.5	7.6	0.1	55.29	1.33	Cukup
6	13:15	9	9.3	0.3	45.29	3.33	Cukup
7	14:05	11	11.2	0.2	34.12	1.82	Cukup
8	15:00	12.5	12.7	0.2	25.29	1.60	Cukup
9	16:30	14	14.1	0.1	17.06	0.71	Cukup
10	17:05	16	16.2	0.2	4.71	1.25	Isi segera

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai jarak yang dibaca sensor memiliki kecenderungan meningkat dari 2,2 cm pada pukul 06.05 WIB menjadi 16,2 cm pada pukul 17.05 WIB. Hal ini disebabkan oleh jumlah pakan di dalam wadah yang semakin berkurang seiring dengan servo yang bekerja untuk mengeluarkan pakan. Hasil pembacaan sensor kemudian dikonversi menjadi persentase ketersediaan pakan menggunakan tinggi wadah sebesar 17 cm. Pada pengujian pertama diperoleh persentase pakan sebesar 87,06% yang menunjukkan kondisi pakan masih cukup banyak. Seiring bertambahnya waktu, persentase pakan terus menurun hingga mencapai 4,71% pada pengujian terakhir. Dari hasil perbandingan antara jarak aktual dan jarak sensor, diperoleh selisih pengukuran antara 0,1 cm hingga 0,3 cm dengan nilai *error* berkisar 0,71% sampai 10,00%. *Error* terbesar terjadi pada pengujian pertama saat jarak pengukuran relatif kecil, yaitu 2 cm. Kondisi ini terjadi karena selisih pengukuran sebesar 0,2 cm memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap hasil perhitungan persentase *error*.

3.2.4 Pengujian Pemberian Pakan Pada 2 Mode (Otomatis dan Manual)

Pada pengujian pemberian pakan otomatis dilakukan pada empat waktu pemberian pakan, yaitu pukul 06.00 WIB, 10.00 WIB, 14.00 WIB, dan 17.00 WIB. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan kinerja motor servo dalam menjalankan proses pemberian pakan sesuai jadwal yang telah ditentukan melalui sinkronisasi waktu *NTP Server*.

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian pemberian pakan secara otomatis dengan jumlah pemberian sebanyak 4 kali sesuai dengan sistem yang telah ditentukan sebelumnya melalui sinkronisasi waktu oleh *NTP Server*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pemberian Pakan Otomatis

No	Jadwal Sistem	Waktu Aktual Servo Aktif	Delay Respon	Status Servo	Keterangan
1	6:00:00	6:00:00,2	0.2	Aktif	berhasil
2	10:00:00	10:00:00,3	0.3	Aktif	berhasil
3	14:00:00	14:00:00,2	0.2	Aktif	berhasil
4	17:00:00	17:00:00,1	0,1	Aktif	berhasil

Pada pengujian pertama, servo aktif pada pukul 06.00.02 WIB dengan *Delay* respon sebesar 0,2 detik. Pengujian kedua menunjukkan servo aktif pada pukul 10.00.03 WIB dengan *Delay* respon 0,3 detik. Selanjutnya pada pukul 14.00 WIB servo aktif pada waktu 14.00.02 WIB dengan *Delay* 0,2 detik, sedangkan pada pengujian terakhir servo aktif pada pukul 17.00.01 WIB dengan *Delay* respon

0,1 detik. Seluruh pengujian menunjukkan status berhasil dan servo dapat bekerja sesuai jadwal yang telah diprogram. Berdasarkan hasil pengujian, terdapat selisih waktu antara jadwal pemberian pakan yang telah ditentukan dengan waktu aktual servo mulai bergerak. *Delay* yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti proses pembacaan dan sinkronisasi waktu dari *NTP Server*, kualitas koneksi *Internet* saat proses sinkronisasi berlangsung, serta proses eksekusi program pada mikrokontroler yang juga melakukan pembacaan sensor, pembaruan data ke *Firebase Realtime Database*, dan pengolahan data lainnya secara bersamaan. Meskipun demikian, *Delay* yang terjadi masih relatif kecil sehingga tidak mempengaruhi kinerja sistem pemberian pakan otomatis secara keseluruhan.

Pada pengujian pemberian pakan manual dilakukan sebanyak enam kali percobaan pada waktu yang berbeda. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perintah pemberian pakan yang diberikan melalui *website* dapat diterima dan dijalankan dengan baik oleh sistem. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk melihat respon servo saat menerima perintah dari pengguna melalui *website monitoring*.

Tabel 8. Hasil Pengujian Pemberian Pakan Manual

No	Jadwal Sistem	Tombol Website	Status Servo	Delay Respon	Keterangan
1	7:30	ON	Aktif	0.8	berhasil
2	9:10	ON	Aktif	0.7	berhasil
3	11:30	ON	Aktif	0.9	berhasil
4	13:15	ON	Aktif	0.6	berhasil
5	15:00	ON	Aktif	1	berhasil
6	16:30	ON	Aktif	0.5	berhasil

Analisis data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa sistem pemberian pakan manual dapat berjalan dengan baik pada seluruh percobaan yang dilakukan. Perintah yang diberikan melalui tombol pada *website* berhasil dikirim melalui *Firebase Realtime Database* dan diterima oleh ESP32, akibatnya servo bisa bergerak untuk mengeluarkan pakan sesuai perintah pengguna. Seluruh pengujian menunjukkan status berhasil tanpa adanya kegagalan komunikasi maupun kegagalan aktivasi servo. *Delay* respon yang diperoleh berada pada rentang 0,5 hingga 1 detik. Perbedaan *Delay* pada setiap pengujian diduga dipengaruhi oleh kondisi jaringan *Internet* serta proses pertukaran data antara *website*, *Firebase Realtime Database*, dan ESP32. Meskipun terdapat perbedaan waktu respon pada setiap percobaan, sistem tetap mampu menjalankan fungsi pemberian pakan manual dengan baik.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem pemberian pakan ayam otomatis yang terintegrasi dengan *NTP Server* dan kontrol manual menggunakan *Firebase Realtime Database* berhasil diimplementasikan dan mampu mendukung proses pemeliharaan ayam secara lebih teratur. Sistem dapat menjalankan pemberian pakan sesuai jadwal yang telah ditentukan serta memungkinkan pemilik melakukan pemberian pakan secara manual melalui *website monitoring*. Selain itu, sistem *monitoring* yang dirancang mampu memberikan informasi kondisi kandang dan ketersediaan pakan

secara *real-time* sehingga memudahkan proses pengawasan tanpa harus berada langsung di lokasi kandang.

Selama proses penelitian terdapat beberapa tahap *trial and error*, terutama pada proses kalibrasi sensor, kestabilan pembacaan data, komunikasi *Firebase*, serta sinkronisasi waktu menggunakan *NTP Server*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara ESP32, sensor, aktuator, *Firebase Realtime Database*, dan *website monitoring* dapat berjalan dengan baik. Selain itu, sistem dirancang agar tetap dapat beroperasi meskipun koneksi Internet tidak tersedia. Pada kondisi tersebut, fungsi utama sistem, seperti pembacaan sensor, pengendalian aktuator, dan pemberian pakan otomatis, tetap berjalan sebagaimana mestinya. Namun, apabila perangkat pertama kali dinyalakan tanpa koneksi Internet, informasi waktu yang ditampilkan belum memperoleh sinkronisasi terbaru dari *NTP Server* sehingga dapat memiliki sedikit selisih terhadap waktu aktual. Setelah perangkat berhasil terhubung ke jaringan Internet, sistem akan melakukan sinkronisasi waktu secara otomatis dengan *NTP Server* sehingga waktu yang ditampilkan kembali sesuai dengan waktu aktual.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi pemberian pakan otomatis, kontrol manual, dan *monitoring* kondisi kandang dengan baik. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada proses pengukuran kadar gas amonia, yaitu belum dilakukan kalibrasi sensor MQ-135 menggunakan gas amonia standar bersertifikat maupun alat ukur referensi. Oleh karena itu, nilai ppm yang diperoleh merupakan hasil estimasi berdasarkan karakteristik sensor dan digunakan sebagai indikator perubahan kadar gas amonia relatif untuk mendukung proses *monitoring* dan pengendalian ventilasi, bukan sebagai nilai konsentrasi gas secara absolut. Selain itu, meskipun sensor DHT22 menyediakan keluaran berupa data suhu dan kelembapan, penelitian ini hanya memanfaatkan parameter suhu sebagai masukan dalam proses monitoring dan pengendalian sistem. Parameter kelembapan tidak diikutsertakan karena berada di luar ruang lingkup penelitian. Oleh karena itu, pemanfaatan data kelembapan dapat dipertimbangkan sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya untuk mendukung evaluasi kondisi lingkungan kandang secara lebih menyeluruh. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan modul RTC (*Real time clock*) sebagai cadangan sumber waktu ketika koneksi *Internet* terputus, menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, serta menambahkan sistem notifikasi otomatis melalui aplikasi pesan atau smartphone ketika terjadi kondisi tertentu pada kandang. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan dengan memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif sehingga operasional alat tetap berjalan pada daerah yang memiliki keterbatasan pasokan Listrik. Pengembangan lainnya dapat dilakukan dengan menambahkan kamera pemantau (CCTV) sehingga pengguna dapat memantau kondisi kandang secara langsung, termasuk aktivitas ayam, kebersihan kandang, serta mendeteksi kemungkinan adanya ayam yang mati.

PERSANTUNAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, serta petunjuk-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan dan kemudahan dalam menyelesaikan penelitian serta penyusunan naskah publikasi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan penelitian ini tidak sedikit hambatan yang ditemui. Namun berkat bantuan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak, setiap kesulitan dapat dilalui satu per satu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas berkat rahmat, karunia, serta petunjuknya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua Orang Tua saya, yang tiada henti memberikan doa, semangat, dukungan, motivasi, serta kasih sayang. Beliau berdua telah menjadi sosok orang tua yang sangat luar biasa, yang tak henti-hentinya memberikan bimbingan, dukungan, dan doa yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Bambang Hari Purwoto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan, kritik, bimbingan, dan waktu di tengah kesibukan. Peneliti sangat berterimakasih atas waktu, ilmu, dan kesabaran yang telah beliau berikan dalam setiap proses bimbingan.
4. penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran dosen dan staf administrasi di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). Dedikasi dan kontribusi mereka dalam menyampaikan ilmu pengetahuan, fasilitas akademik, serta dukungan administratif selama masa perkuliahan hingga tahap penyelesaian tugas akhir ini merupakan fondasi penting dalam perjalanan akademik penulis.
5. Teman – teman “Jual beli Musang” yang selalu ada di setiap proses, mulai dari pusing karena tugas, begadang revisi, sampai saling menguatkan di masa-masa akhir perkuliahan. Terima kasih untuk semua cerita, bantuan, candaan, dan perjuangan yang sudah dilewati Bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. H., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2022). Rancang Bangun Smart System Pada Kandang Ayam Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, 7(1), 27–35.
- Andini, F. P., Andriani, T., Ariyanto, N., & Ali Topan, P. (2024). Rancang Bangun Kandang Ayam Pedaging Cerdas Otomatis Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan Aplikasi Blink IoT. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains (JINTEKS)*, 6(03), 595–604.
- Bilal, M., & Umar. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontrolling Suhu Dan Kadar Gas Ammonia Pada Kandang Ayam Berbasis Mikrokontroler NodeMCU. *Jurnal Teknik Elektro*, 20(01), 20–25.
- Gunawan, I., Ahmadi, H., & Said, M. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pemberi Pakan Otomatis Ayam Anakan Berbasis Internet Of Things (IoT). *Infotek : Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 4(2), 151–162. <https://doi.org/10.29408/jit.v4i2.3562>
- Meliala, S., Abdul, M., & Bintoro, A. (2023). Studi Kadar Gas Amonia Menggunakan Sensor Amonia MQ135 Menggunakan Spreadsheet Berbasis Internet of Thing (IoT). *JURNAL ILMIAH TEKNIK ELEKTRO*, 25(2), 75–84. <https://doi.org/10.14710/transmisi.25.2.75-84>
- Rahardjo, P., Wibowo, A. W., Pramuji, T., Mahda, A., & Winagih, K. A. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Kandang Ayam Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Android. *ORBITH*, 19(2), 144–153.
- Rohmah, R. N., & Prasetyo, N. A. (2025). Inovasi Tepat Guna Alat Pakan Anak Ayam Otomatis. *Jurnal Jaring SainTek*, 7(1), 1–6.
- Supriyono, H., Suryawan, F., Azhari, R. M., & Bimantoro, U. (2021). Sistem Monitoring Suhu dan Gas Amonia untuk Kandang Ayam Skala Kecil. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(3), 562–576. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v5i3.562> |

UMS LIBRARY
-TERAKREDITASI A-