

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

5.1 HASIL IMPLEMENTASI

Pada tahap ini penulis mengimplementasikan hasil rancangan yang telah dibuat. Adapun hasil implementasi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.1



Gambar 5. 1 Bentuk Fisik Prototipe Alat

Hasil implementasi dari prototipe alat pemberi pakan dan minum kucing otomatis ini diwujudkan dalam satu kesatuan perangkat yang mengintegrasikan aspek mekanik dan elektronik. Seluruh komponen utama sistem ditempatkan bagian sisi wadah pakan. Pada bagian atas tutup pakan, terpasang LCD 16x2 sebagai antarmuka fisik yang berfungsi memberikan informasi langsung mengenai berat pakan yang tertimbang dan ketersediaan air minum tanpa harus membuka aplikasi Telegram.

Pusat kendali alat ini menggunakan ESP32 yang ditempatkan secara strategis di bagian sisi depan wadah pakan, guna memudahkan distribusi kabel ke seluruh sensor. Sensor *Load Cell* diletakkan tepat di bawah wadah piring makan untuk menimbang porsi pakan yang keluar secara presisi, sementara Motor Servo diposisikan pada saluran keluaran pakan sebagai katup mekanis yang bergerak membuka-tutup berdasarkan instruksi mikrokontroler serta tambahan Dinamo pada papan akrilik untuk mengatasi masalah pakan yang tersangkut di leher corong tanpa merusak tekstur pakan. Getaran yang dihasilkan akan memastikan butiran pakan jatuh ke wadah pakan dengan lebih lancar dan konsisten, sehingga meningkatkan akurasi porsi yang terukur. Untuk manajemen air, Sensor *Water Level* dipasang pada dinding wadah minum untuk mendeteksi ketinggian air secara real-time, yang kemudian memicu Relay untuk mengaktifkan Pompa DC dari tandon penyimpanan saat air mulai habis.

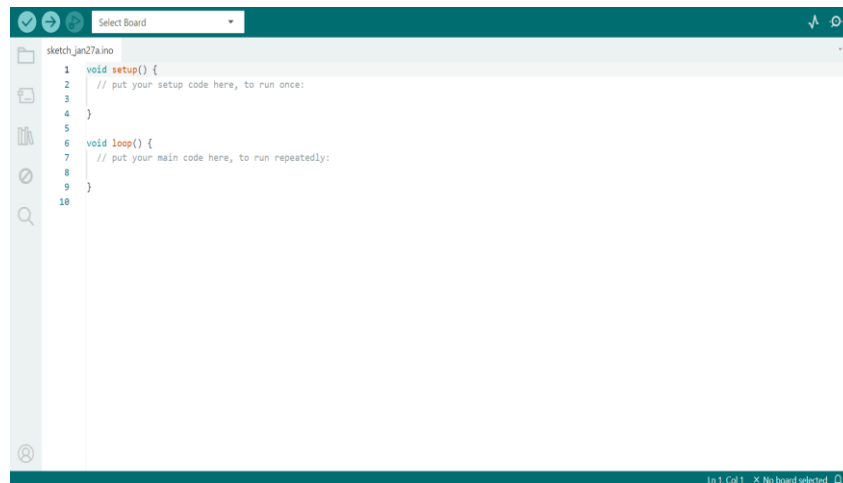
Aspek pemantauan visual diimplementasikan melalui ESP32-S3 CAM yang dipasang pada sudut depan alat agar memiliki jarak pandang (*field of view*) yang luas untuk menangkap area makan kucing. Kamera ini bekerja secara sinkron dengan Sensor Ultrasonik yang mendeteksi kehadiran objek di depan alat. Seluruh aktivitas ini, mulai dari keberhasilan pemberian pakan 10 gram hingga pengiriman foto kondisi kucing, akan dikirimkan sebagai notifikasi otomatis melalui Bot Telegram. Dengan implementasi fisik ini, alat mampu menjalankan fungsinya sebagai asisten pemelihara hewan yang mandiri, terukur, dan dapat dipantau dari jarak jauh dengan tingkat keandalan yang tinggi.

5.2 PENGUJIAN *WHITE BOX* PERANGKAT LUNAK

Pengujian white box juga digunakan untuk memastikan bahwa desain dan implementasi perangkat lunak sesuai dengan yang direncanakan. Dengan membandingkan hasil dari implementasi dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya, pengujian white box dapat memverifikasi apakah hasil implementasi benar sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian perangkat lunak dilakukan agar bisa mengetahui kemampuan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian. Untuk bahasa pemrograman C++ Arduino, pengujian mencakup pembuatan file baru, tahap menulis kode, dan tahap terakhir adalah mengkompilasi serta mengupload program. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Arduino IDE

Pada langkah awal membuat proyek baru menggunakan perangkat lunak Arduino IDE adalah dengan mengklik menu "File" lalu memilih opsi "New" untuk membuat proyek baru. Setelah itu, sistem akan meminta Anda menentukan folder tempat proyek akan disimpan serta memberikan nama unik untuk proyek tersebut sebelum menyimpannya. Jika sudah berhasil disimpan, proyek baru tersebut siap untuk dikembangkan. Pada gambar 5.2, Anda dapat melihat hasil dari langkah-langkah tersebut, yaitu antarmuka pengembangan Arduino yang menampilkan proyek baru yang telah dibuat dan siap untuk dikembangkan.



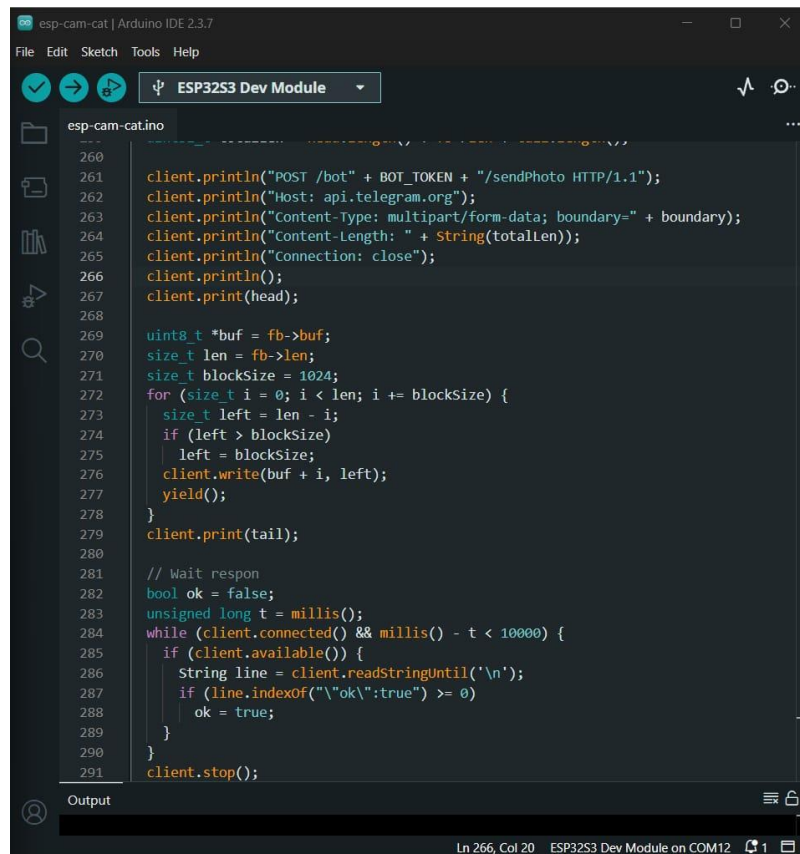
Gambar 5. 2 File Baru Arduino

2. Tahapan Penulisan Coding

Pada tahapan ini, pengembangan sistem dimulai dengan merancang alur kerja untuk implementasi sistem IoT pada alat pemberi pakan dan minum kucing otomatis menggunakan ESP32. Proses penulisan kode dimulai dengan tahap konfigurasi dan deklarasi, yang mencakup inklusi library utama seperti WiFi.h untuk konektivitas, CTBot.h untuk integrasi Telegram, serta library pendukung untuk sensor *Load Cell* (HX711) dan ESP32-S3 CAM. Selain itu, dilakukan deklarasi variabel porsi pakan, pin untuk Motor Servo, Relay, serta sensor Ultrasonik yang akan digunakan.

Selanjutnya, setiap komponen diinisialisasi dalam fungsi `setup()`, termasuk pengaktifan komunikasi serial, kalibrasi sensor load cell, dan sinkronisasi waktu melalui NTP (*Network Time Protocol*) agar jadwal pemberian pakan tepat waktu. Tahapan penulisan kode ini memastikan bahwa seluruh perangkat keras dapat berkomunikasi secara sinkron dengan

mikrokontroler sebelum menjalankan logika otomatisasi maupun perintah dari bot Telegram. Tahapan ini dapat dilihat pada gambar:



Gambar 5. 3 Penulisan Kode Arduino

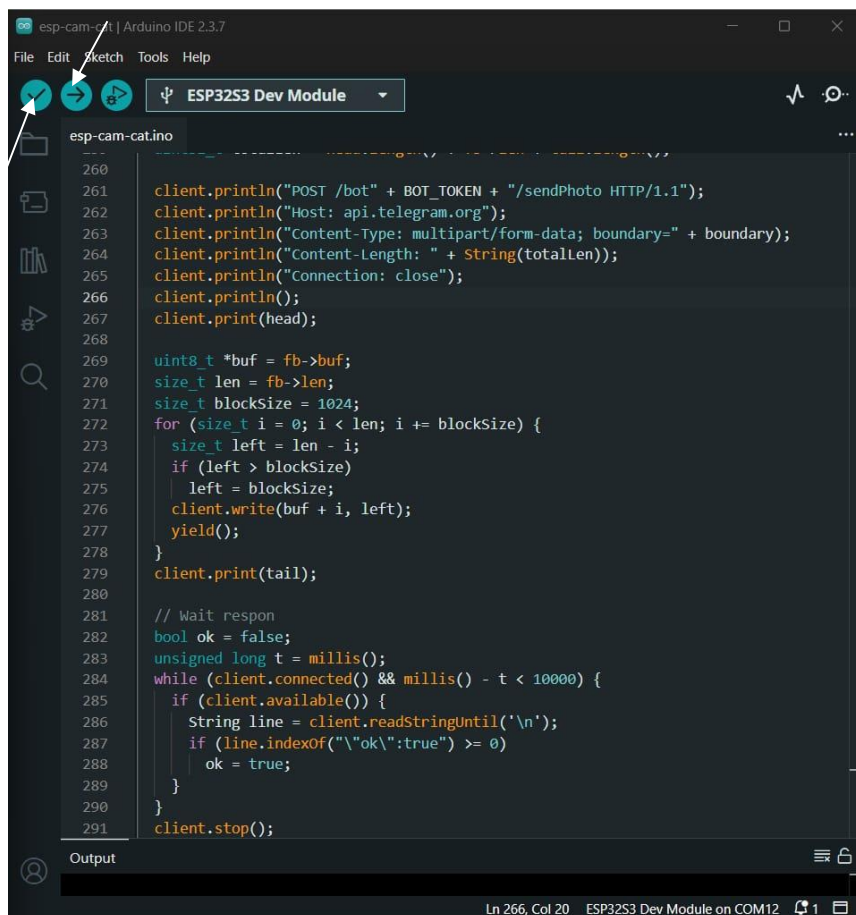
3. Tahapan Upload Program

Pada tahap akhir, kode C++ diubah menjadi file hexa. File hexa ini yang nantinya diunggah ke dalam Arduino. Untuk mengunggah program ke Arduino Uno, kita menggunakan Arduino IDE. Langkahnya cukup sederhana. Pertama, pastikan Arduino Uno terhubung ke komputer dengan kabel USB A-to-B. Lalu pilih "Arduino/Genuino Uno" sebagai papan dan pilih port serial yang tepat dari menu "Tools".

Selanjutnya, buat atau buka program yang ingin diunggah, lalu pastikan tidak ada kesalahan dalam kode.

Setelah itu, lakukan kompilasi dengan menekan tombol *"Verify"*. Jika kompilasi berhasil, tekan tombol *"Upload"* untuk memulai pengunggahan. Tunggu hingga proses selesai. Jika berhasil, Anda akan melihat pesan *"Done uploading"*.

Proses kompilasi dan pengunggahan kode dapat dilihat dalam gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Uploud Program

4. Tahapan Pengujian Telegram

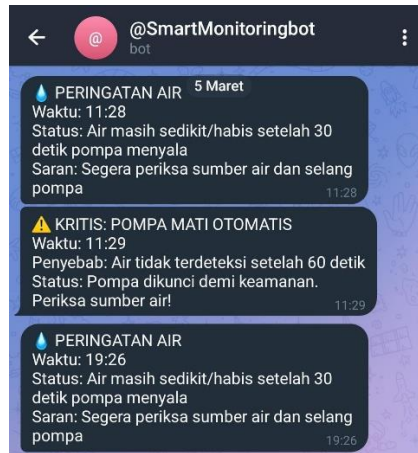
Tahap pengujian Telegram Bot merupakan proses validasi akhir untuk memastikan bahwa seluruh data dari sensor dan kamera dapat tersampaikan kepada pengguna secara real-time melalui platform pesan instan. Pengujian dilakukan dengan memantau aktivitas pada akun *@SmartMonitoringbot* untuk melihat respon sistem setelah mikrokontroler menyelesaikan tugas fisik, seperti pemberian pakan atau pengisian air.



Gambar 5. 5 Pengujian Telegram Pakan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Bot Telegram berhasil menerima notifikasi teks otomatis berupa konfirmasi "*Feeding Success*"

yang mencantumkan detail waktu eksekusi serta berat pakan yang telah dikeluarkan secara akurat berdasarkan pembacaan sensor load cell.



Gambar 5.2.1 Pengujian Telegram Pompa Air

Selain notifikasi pakan, sistem juga teruji mampu mengirimkan pesan peringatan kritis seperti "INFO: AIR MULAI SEDIKIT" ketika sensor *water level* mendeteksi volume air di wadah minum berada di bawah batas minimum, sehingga pemilik dapat segera melakukan tindakan pengisian ulang.

5.3 PENGUJIAN ALAT

Pengujian dilakukan agar dapat mengecek apakah rancangan alat sesuai dengan cara pengerjaannya, sehingga alat tersebut dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Selain itu, pengujian juga digunakan untuk melihat bagaimana kinerja alat tersebut. Setelah pengujian selesai, maka dilakukan analisis hasilnya untuk mengetahui sejauh mana alat itu berhasil dalam tugas akhir ini. Setiap alat akan diuji agar dapat menilai seberapa baik kinerjanya sesuai dengan desain yang dibuat.

5.3.1 Pengujian Akurasi Porsi Pakan (*Load Cell*)

Pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan memberikan beban pakan kucing secara bertahap hingga mencapai target berat 10 gram. Sensor load cell berfungsi mendeteksi berat pakan, sedangkan modul HX711 bertugas mengonversi sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses oleh ESP32. Pengujian sensor telah dilakukan sebanyak beberapa kali untuk melihat akurasi dan respon sensor terhadap berat pakan yang jatuh ke dalam wadah piring makan.

Tabel 5.1 Tabel Pengujian Akurasi Porsi Pakan

Percobaan Ke-	Target Berat (g)	Berat Terukur (g)	Selisih/Error (g)	Status
1	10	10.2	0.2	Berhasil
2	10	9.8	0.2	Berhasil
3	10	10.1	0.1	Berhasil
Rata-rata	10	10.03	0.16	Akurasi 98.33%

Dilihat pada Tabel 5.1 yaitu hasil pengujian sensor dapat merespon berat pakan dengan presisi dan dapat mencapai target berat yang sudah ditentukan untuk sistem porsi otomatis. Perhitungan pada tabel diatas dilakukan dengan menggunakan rumus presentase error untuk menguji keandalan sensor *Load Cell* terhadap target pakan yang telah diinput pada web.

1. Rumus Persentase Error :

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Target Berat} - \text{Berat Terukur}}{\text{Target berat}} \right| \times 100\%$$

2. Contoh Perhitungan (Percobaan 1)

$$Error = \left| \frac{10 - 10.2}{10} \right| \times 100\% = 2.00\%$$

3. Kesimpulan Akurasi

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak tiga kali, didapatkan rata-rata persentase error sebesar 1.67%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat dalam memberikan pakan sangat tinggi, yakni mencapai 98.33% (diperoleh dari 100% - 1.67%). Nilai ini membuktikan bahwa logika program pada mikrokontroler berhasil memerintahkan servo untuk menutup katup dengan presisi mendekati target yang diinginkan pengguna.

Berdasarkan hasil pengujian sensor menunjukkan rangkaian timbangan yang telah dibuat sudah benar dan sensor load cell dapat digunakan sesuai fungsinya untuk mengontrol porsi makan kucing secara akurat.

5.3.2 Pengujian Otomatis Air (*Water Level & Pompa*)

Pengujian sensor *water level* dan pompa DC dilakukan dengan mengubah volume air di dalam wadah minum secara bertahap untuk memvalidasi respon otomatisasi pengisian air. Sensor *water level* berfungsi mendeteksi ketinggian permukaan air berdasarkan nilai konduktivitas yang dibaca oleh lempengan tembaga sensor, sedangkan relay bertugas sebagai sakelar elektronik untuk mengatur aliran listrik ke pompa DC. Pengujian telah dilakukan sebanyak beberapa kali dengan mensimulasikan kondisi air dari penuh hingga habis untuk melihat respon sensor serta memastikan pompa bekerja sesuai dengan ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan pada program ESP32.

Tabel 5.2 Pengujian Otomatis Air (*Water Level*)

Kondisi Air	Nilai Analog Sensor	Status Relay	Kondisi Pompa	Keterangan
Wadah Penuh	>500ml	OFF	Mati	Air Tercukupi
Wadah Setengah	200ml-400ml	OFF	Mati	Monitoring Standby
Wadah Habis	<100ml	ON	Menyala	Mengisi Otomatis

Hasil deteksi sensor ditampilkan pada LCD dalam bentuk status kondisi air, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa sensor mampu merespon setiap perubahan level air (penuh, setengah, atau habis) dengan akurat. Pompa terbukti dapat aktif secara otomatis hanya saat air berada pada level terendah (nilai ADC < 100) dan berhenti mengisi saat wadah sudah mencapai kondisi penuh. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa rangkaian otomatisasi air yang telah dirancang sudah benar dan kedua komponen tersebut dapat berfungsi dengan baik untuk menjamin ketersediaan air minum bagi kucing secara konsisten.

5.3.3 Pengujian Penjadwalan Pakan

Pengujian penjadwalan pakan otomatis dilakukan dengan mengatur waktu makan pada jam-jam tertentu (seperti pukul 07.00 dan 15.00 WIB) untuk memvalidasi ketepatan waktu eksekusi sistem. Dalam proses ini, ESP32 menggunakan protokol NTP (*Network Time Protocol*) untuk mensinkronisasi waktu alat dengan waktu internet secara real-time, sehingga jadwal yang dijalankan tetap akurat tanpa memerlukan modul jam eksternal. Pengujian telah dilakukan dalam beberapa siklus jadwal makan untuk melihat respon motor servo dalam membuka katup pakan tepat pada waktu yang telah ditentukan di dalam kode program.

Tabel 5.3 Pengujian Penjadwalan Pakan

Sesi Makan	Jadwal Program	Waktu Realisasi	Kondisi Servo	Notifikasi Telegram
Pagi	07.00 WIB	07:00:02	Terbuka	Terkirim
Sore	15.00 WIB	15:00:01	Terbuka	Terkirim

Hasil pengujian waktu eksekusi ditampilkan pada Serial Monitor dan terekam dalam log aktivitas, yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 menunjukkan bahwa sistem mampu mengeksekusi perintah pemberian pakan dengan selisih waktu (delay) yang sangat minim, yakni hanya berkisar 1 hingga 2 detik dari jadwal asli. Bersamaan dengan terbukanya katup pakan, sistem juga berhasil mengirimkan notifikasi konfirmasi ke Bot Telegram sebagai bukti bahwa jadwal makan telah dilaksanakan. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa logika penjadwalan berbasis IoT yang telah dirancang sudah benar dan berfungsi dengan sangat baik dalam menjamin keteraturan pola makan kucing secara otomatis.

5.3.4 Pengujian Deteksi Kucing & Kamera (*Ultrasonic* & ESP32-S3CAM)

Pengujian sensor ultrasonik dan ESP32-S3 CAM dilakukan dengan menempatkan objek atau kucing pada berbagai jarak di depan alat untuk memvalidasi fungsi pendeteksian dan pengambilan gambar otomatis. Sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang suara untuk mengukur jarak objek, yang kemudian digunakan sebagai pemicu (*trigger*) bagi modul kamera untuk menangkap foto area makan secara *real-time*. Pengujian ini dilakukan beberapa kali untuk menentukan jarak jangkauan yang paling efektif agar kamera hanya aktif saat kucing benar-benar berada dalam radius area makan yang telah ditentukan di dalam program.

Tabel 5.4 Pengujian Deteksi Kucing & Kamera

Jarak (cm)	Objek	Deeteksi Kucing	Trigger Kamera	Pengirim Foto	Status
5 cm		Terdeteksi	Aktif	Berhasil	Sesuai
15 cm		Terdeteksi	Aktif	Berhasil	Sesuai
30 cm		Terdeteksi	Aktif	Berhasil	Sesuai
40 cm		Tidak Terdeteksi	Non-Aktif	Tidak Terkirim	Sesuai

Hasil deteksi ini diproses oleh ESP32-S3 dan dikirimkan sebagai lampiran foto melalui pesan Telegram, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.4 yang menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali keberadaan objek dengan akurasi tinggi pada jarak di bawah 30 cm. Ketika sensor mendeteksi objek dalam jangkauan tersebut, kamera berhasil mengambil gambar dan mengirimkannya sebagai notifikasi otomatis, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kucing dari jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa integrasi sensor ultrasonik dan kamera telah berfungsi dengan benar sesuai tujuannya sebagai sistem pemantauan visual yang efisien.

5.3.5 ANALISIS SECARA KESELURUHAN

Setelah dilakukan proses uji coba untuk mendeteksi kemungkinan terjadinya kesalahan, maka dilakukan analisis terhadap sistem secara keseluruhan. Berdasarkan seluruh tahapan yang telah dilakukan, baik pada pengujian perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*), dapat disimpulkan bahwa Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan dan Minum Kucing Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dapat berfungsi

sesuai dengan yang diharapkan oleh penulis. Sistem mampu bekerja secara terintegrasi dalam memantau ketersediaan kebutuhan kucing serta mengendalikan proses pemberian pakan berdasarkan porsi berat dan pengisian air minum secara otomatis.

Mekanisme pembacaan data dari seluruh sensor yang digunakan menunjukkan hasil yang baik dan stabil selama proses pengujian. Sensor load cell mampu menimbang porsi pakan secara presisi, sensor water level dapat mendeteksi ketinggian air dengan akurat, dan sensor ultrasonik berhasil menjadi pemicu (trigger) bagi ESP32-S3 CAM untuk melakukan pemantauan visual. Hasil pembacaan dari setiap sensor ditampilkan melalui LCD 16x2 yang terpasang pada wadah alat serta dikirimkan ke Bot Telegram sebagai media monitoring dan kendali jarak jauh. Tampilan data pada LCD dan antarmuka Telegram menunjukkan nilai yang sesuai dengan kondisi fisik pada alat secara real-time, termasuk pengiriman notifikasi foto saat kucing terdeteksi di area makan

Pengujian sistem ini dilakukan agar menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian sistem dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pengujian Mikrokontroler ESP32

ESP32 diuji sebagai otak utama untuk mengoordinasikan seluruh sensor dan aktuator serta mengatur konektivitas internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu memproses data dari sensor load cell, ultrasonik, dan water level secara simultan serta mengirimkan notifikasi ke Bot Telegram

secara stabil. Seluruh logika program yang diunggah dapat berjalan dengan baik tanpa adanya crash atau delay yang signifikan.

2. Pengujian Sensor *Load Cell* dan modul Hx711

Sensor load cell diuji untuk memastikan kemampuannya dalam menimbang berat pakan yang jatuh ke wadah piring makan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat membaca berat pakan dengan presisi tinggi melalui konversi data dari modul HX711. Nilai berat yang terbaca ditampilkan pada LCD 16x2 dalam satuan gram dan digunakan sebagai parameter untuk menghentikan motor servo saat target berat 30 gram tercapai.

3. Pengujian Motor Servo

Motor servo diuji kemampuannya dalam membuka dan menutup katup pakan berdasarkan instruksi dari ESP32. Hasil pengujian menunjukkan bahwa servo merespon dengan cepat baik melalui perintah otomatis (jadwal makan) maupun perintah manual dari Telegram (/feed). Pergerakan sudut servo terbukti konsisten sehingga tidak terjadi kemacetan pada mekanisme keluaran pakan.

4. Pengujian Sensor *Water Level*

Sensor water level diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi ketinggian air di wadah minum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat membedakan kondisi air (penuh, setengah, atau habis) dengan baik berdasarkan nilai analog yang dihasilkan. Status kondisi air

tersebut ditampilkan pada LCD 16x2 dan menjadi pemicu otomatis bagi pompa DC untuk melakukan pengisian air.

5. Pengujian Relay dan Pompa Mini

Relay diuji sebagai sakelar otomatis untuk mengalirkan daya ke pompa DC saat kondisi air di wadah minum habis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay dapat memutus dan menyambung arus dengan stabil sesuai instruksi dari sensor water level. Pompa DC berhasil memindahkan air dari tandon cadangan ke wadah minum secara efisien tanpa adanya kebocoran pada sistem kelistrikan.

6. Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi keberadaan objek (kucing) di depan alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat membaca jarak objek dengan akurat. Ketika objek terdeteksi dalam jarak kurang dari 30 cm, sensor berhasil mengirimkan sinyal pemicu kepada ESP32-S3 CAM untuk mengambil foto secara otomatis.

7. Pengujian ESP32-S3CAM

Kamera ESP32-S3 diuji kemampuannya dalam menangkap gambar dan mengirimkannya sebagai lampiran foto ke Bot Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kamera mampu mengambil gambar dengan resolusi yang cukup jelas saat mendapatkan pemicu dari sensor ultrasonik atau melalui perintah manual /capture. Proses pengiriman foto berlangsung cepat tergantung pada stabilitas koneksi WiFi.

8. Pengujian LCD 16x2 (I2C)

LCD 16x2 diuji untuk menampilkan informasi status alat secara lokal pada wadah pakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD berhasil menampilkan data berat pakan, status level air, dan status koneksi WiFi secara real-time. Penggunaan modul I2C terbukti efektif dalam menyederhanakan pengkabelan sehingga rangkaian tetap rapi di dalam wadah.

Berdasarkan hasil analisis terhadap seluruh komponen yang telah diuji, dapat disimpulkan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak pada alat ini telah berjalan dengan sangat baik. Setiap komponen, mulai dari sensor sebagai penginput data hingga aktuator dan Bot Telegram sebagai output, menunjukkan performa yang stabil dan responsif. Sinergi antara sensor *load cell*, *water level*, dan ultrasonik memungkinkan ESP32 menjalankan logika otomatisasi pakan dan minum secara presisi sekaligus memberikan fitur monitoring visual yang akurat. Dengan demikian, sistem secara keseluruhan telah memenuhi standar fungsionalitas IoT yang dirancang dan siap digunakan untuk membantu pemilik hewan dalam memantau serta memenuhi kebutuhan nutrisi kucing secara otomatis dan jarak jauh.