



Judul Tugas Akhir

Implementasi Sistem Otomatis dengan Logika Fuzzy untuk Pengukuran Tingkat Nafsu Makan Kucing dan Pengelolaan Sisa Pakan Kucing

Oleh:
Af Alul Haq Bimasada (4211901006)

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Implementasi Sistem Otomatis dengan Logika Fuzzy untuk Pengukuran Tingkat Nafsu Makan Kucing dan Pengelolaan Sisa Pakan Kucing” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 5 Juni 2026



Af Alul Haq Bimasada
NIM: 4211901006

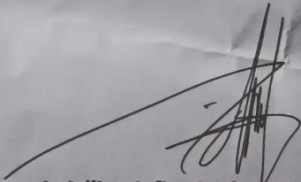
Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

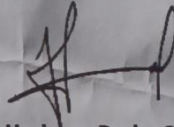
Oleh:
Af Alul Haq Bimasada (4211901006)

Tanggal Sidang: 08 Juli, 2026

Disetujui oleh :



1. Adlian Jefiza S.Pd., M.T.
NIK: 119220



1. Jhon Hericson Purba S.Pd., M.Pd.
NIK: 119230



2. Daniel Sutopo Pamungkas S.T.,
M.T., Ph.D
NIK: 197511282012121002

Implementasi Sistem Otomatis dengan Logika Fuzzy untuk Pengukuran Tingkat Nafsu Makan Kucing dan Pengelolaan Sisa Pakan Kucing

Abstrak

Pemantauan pola makan kucing diperlukan untuk mengetahui frekuensi kehadiran, konsumsi pakan, dan sisa pakan pada wadah. Pemantauan manual sulit dilakukan terus-menerus ketika pemilik tidak berada di rumah. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem otomatis sebagai alat bantu pengukuran tingkat nafsu makan serta pengelolaan sisa pakan kucing.

Sistem menggunakan Arduino Uno, dua sensor ultrasonik HC-SR04, load cell dan HX711, RTC DS3231, modul microSD, LCD, serta dua motor servo. Sensor ultrasonik mendeteksi kehadiran kucing, load cell mengukur berat awal dan akhir pakan, RTC mencatat waktu, microSD menyimpan data, LCD menampilkan informasi, sedangkan servo mengatur keluaran pakan dan pintu akrilik. Tingkat nafsu makan ditentukan menggunakan fuzzy Sugeno orde nol berdasarkan frekuensi kehadiran dan total konsumsi harian.

Hasil pengujian memperoleh rata-rata error sensor ultrasonik 0,77% dan load cell 3,54%. Pengujian real-time utama selama dua hari menghasilkan 13 sesi dengan total konsumsi tercatat 17,7 gram. Kehadiran pada kedua hari termasuk sering dan konsumsi termasuk sedikit, sehingga diperoleh nilai defuzzifikasi 50,0 dengan kategori nafsu makan ideal. Sebanyak 7 sesi (53,85%) mencatat konsumsi 0 gram karena kucing terdeteksi tetapi tidak makan. Pengelolaan sisa pakan dilakukan melalui pencatatan berat akhir, penutupan akses area makan, penyimpanan data harian, dan pembersihan manual apabila diperlukan. Karena pembacaan berat akhir masih dipengaruhi ketidakstabilan load cell, sistem lebih tepat digunakan sebagai alat bantu pemantauan awal dan belum melakukan pemindahan sisa pakan secara otomatis.

Kata kunci: nafsu makan kucing, logika fuzzy Sugeno, sistem otomatis, pengelolaan sisa pakan, load cell

Implementation of an Automatic System with Fuzzy Logic for Measuring Cat Appetite Levels and Managing Cat Food Waste

Abstract

Monitoring cat feeding patterns is needed to identify visit frequency, food consumption, and food remaining in the bowl. Continuous manual monitoring is difficult when the owner is away. This study aimed to develop an automatic system to support cat appetite measurement and uneaten food management.

The system used an Arduino Uno, two HC-SR04 ultrasonic sensors, a load cell with an HX711 module, a DS3231 RTC, a microSD module, an LCD, and two servo motors. The sensors detected presence and measured food weight, while the other components recorded time, stored and displayed data, dispensed food, and controlled the acrylic access door. Appetite was determined using a zero-order Sugeno fuzzy method based on visit frequency and daily food consumption.

The ultrasonic sensor and load cell tests produced average errors of 0.77% and 3.54%. The main two-day real-time test recorded 13 sessions with total consumption of 17.7 g. Presence was classified as frequent and consumption as low on both days, producing a defuzzification value of 50.0 and an ideal appetite category. Seven sessions (53.85%) recorded 0 g because the cat was detected but did not eat. Uneaten food management consisted of recording the final weight, closing access to the feeding area, storing daily data, and manual cleaning. Because the final-weight readings were affected by load-cell instability, the system is suitable as an initial monitoring aid but does not yet automatically remove or return uneaten food.

Keywords: cat appetite, Sugeno fuzzy logic, automatic system, uneaten food management, load cell

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir yang berjudul “Implementasi Sistem Otomatis dengan Logika Fuzzy untuk Pengukuran Tingkat Nafsu Makan Kucing dan Pengelolaan Sisa Pakan Kucing” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, Penulis menyadari bahwa keberhasilan yang dicapai tidak lepas dari bimbingan, arahan, motivasi, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng., selaku dosen dan wali kelas yang telah memberikan arahan, ilmu, dan motivasi selama masa perkuliahan.
2. Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, koreksi, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Kedua orang tua tercinta, Bapak Rubai dan Ibu Siti Kotriyah, yang tiada hentinya memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
4. Seluruh dosen dan staf di Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Batam, yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama proses perkuliahan
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis ungkapkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan semangat selama menyusun Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat nyata bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang mekatronika, serta bagi pihak yang membutuhkan.

Batam, 5 Juni 2026

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	4
Bab 2. Tinjauan Pustaka	5
2.1. Pemantauan Nafsu Makan Kucing	5
2.1.1. Pola Makan Kucing	5
2.1.2. Pemberian Pakan Kucing	5
2.1.3. Karakteristik Aktivitas Kucing	6
2.1.4. Pengelolaan Sisa Pakan	7
2.2. Logika Fuzzy	7
2.2.1. Metode Sugeno Orde Nol	7
2.2.2. Variabel Fuzzy	8
2.2.3. Fungsi Keanggotaan	8
2.2.4. Fuzzifikasi	10
2.2.5. Evaluasi Aturan Fuzzy	10
2.2.6. Defuzzifikasi	11
2.3. Arduino Uno	11

2.4. <i>Power Supply</i>	12
2.5. <i>Load Cell</i> dan Modul HX711	13
2.6. Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	13
2.7. RTC DS3231	14
2.8. Modul SD Card Reader/Writer	14
2.9. Motor Servo	15
2.10. LCD	15
Bab 3. Metodologi Penelitian	16
3.1. Perancangan.....	16
3.1.1. Perancangan <i>Hardware</i>	17
3.1.2. Perancangan <i>Software</i>	19
3.2. Alat dan Bahan	21
3.3. Pengujian.....	21
3.3.1. Pengujian Fungsional.....	22
3.3.2. Pengujian Logika Fuzzy	22
3.3.3. Pengujian Real-Time	24
3.3.4. Pengujian Sisa Pakan	25
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	27
4.1. Data Hasil Penelitian	27
4.1.1. Data Pengujian Fungsional Sistem.....	27
4.1.2. Data Pengujian Sensor Ultrasonik	28
4.1.3. Data Pengujian Load Cell	29
4.1.4. Data Pengujian Servo	30
4.1.5. Data Pengujian RTC, LCD, dan Modul MicroSD	31
4.1.6. Data Pengujian Logika Fuzzy.....	31
4.1.7. Data Pengujian Real-Time	32
4.1.8 Data Pengujian Sisa Pakan	33
4.2. Pembahasan	34
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	36

5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
Daftar Pustaka	38
Biodata	40
Lampiran	41
Lampiran A Program Arduino	41
Lampiran B Skema Rangkaian	60
Lampiran C Dokumentasi Alat	61
Lampiran D Data Kalibrasi Load Cell	63
Lampiran E Data Log Pengujian Real-Time Sebelum Perubahan	63
Lampiran F Dokumentasi Pengujian	67

Daftar Gambar

Gambar 1. Kurva Linier Naik.....	9
Gambar 2. Kurva Linier Turun	9
Gambar 3. Kurva Trapesium	10
Gambar 4. Arduino Uno	12
Gambar 5. <i>Power Supply</i>	12
Gambar 6. Load cell dan Modul HX711	13
Gambar 7. Sensor Ultrasonik HC-SR04	14
Gambar 8. RTC DS3231	14
Gambar 9. Modul MicroSD Card Reader	14
Gambar 10. Motor Servo MG996R.....	15
Gambar 11. LCD.....	15
Gambar 12. Diagram Alir Perancangan Penelitian	16
Gambar 13. Blok Diagram Sistem	17
Gambar 14. Desain Rancangan <i>Hardware</i> Elektrikal	18
Gambar 15. Desain Rancangan <i>Hardware</i> Mekanikal	19
Gambar 16. <i>Flowchart</i> Proses Perangkat Lunak	20
Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Frekuensi Kehadiran	23
Gambar 18. Fungsi Keanggotaan Pakan yang Dikonsumsi	24
Gambar 19. Lampiran Skema Rangkaian dan Pin Komponen.....	60
Gambar 20. Alat Tampak Depan	61
Gambar 21. Alat Tampak Samping	61
Gambar 22. Alat Tampak Atas.....	61
Gambar 23. Tangki Corong Pakan	61
Gambar 24. Mangkok Makan dan Posisi Load Cell.....	61
Gambar 25. Posisi Sensor Ultrasonik 1.....	61
Gambar 26. Posisi Sensor Ultrasonik 2.....	62
Gambar 27. Posisi Servo 1	62
Gambar 28. Posisi Servo 2	62
Gambar 29. Posisi LCD 20x4	62
Gambar 30. Rangkaian Kontrol	62
Gambar 31. Berat Sebenarnya Dari Timbangan Digital	63
Gambar 32. Membaca Berat Pakan Pada Load Cell	63
Gambar 33. Hasil Kalibrasi yang Terbaca Oleh Load Cell.....	63
Gambar 34. Kucing Terdeteksi	67
Gambar 35. Kucing Sedang Makan.....	67
Gambar 36. Output per Sesi Makan	67
Gambar 37. Output per Hari	67

Daftar Tabel

Tabel 1. Panduan Takaran dan Jadwal Makan Kucing	5
Tabel 2. Takaran Makan Kucing dari Produk Pakan.....	6
Tabel 3. Variabel Fuzzy Pada Sistem.....	8
Tabel 4. Contoh Aturan Tingkat Nafsu Makan Kucing	11
Tabel 5. Alat dan Bahan Penelitian.....	21
Tabel 6. Pengujian Fungsional	22
Tabel 7. Variabel Input Tingkat Kehadiran Kucing	22
Tabel 8. Aturan Fuzzy dan Defuzzifikasi Tingkat Nafsu Makan Kucing	23
Tabel 9. Rentang Output Tingkat Nafsu Makan Kucing	24
Tabel 10. Pengujian Real Time	25
Tabel 11. Output yang Ditampilkan dan Disimpan	25
Tabel 12. Pengujian Sisa Pakan	26
Tabel 13. Data Hasil Pengujian Fungsional Sistem	27
Tabel 14. Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik	29
Tabel 15. Data Hasil Pengujian Load Cell.....	29
Tabel 16. Hasil Data Pengujian Servo	30
Tabel 17. Hasil Data Pengujian RTC, LCD, dan Modul MicroSD	31
Tabel 18. Hasil Data Pengujian Logika Fuzzy Harian.....	32
Tabel 19. Data Log Pengujian Real-Time	32
Tabel 20. Hasil Pengujian Sisa Pakan	33
Tabel 21. Log Pengujian Real-Time Sebelum Perubahan	66

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kucing merupakan salah satu hewan peliharaan yang banyak dipelihara karena memiliki karakter yang mudah beradaptasi, dapat menjadi teman di rumah, serta memiliki daya tarik bagi pemilik hewan peliharaan [1]. Dalam proses pemeliharaan kucing, aspek pemberian pakan menjadi salah satu hal penting yang perlu diperhatikan. Pakan yang diberikan secara tidak teratur, jumlah pakan yang tidak sesuai, serta sisa pakan yang dibiarkan terlalu lama dapat memengaruhi kebersihan lingkungan dan berpotensi mengganggu kesehatan kucing. Oleh karena itu, pemilik kucing perlu mengetahui pola makan kucing agar pemberian pakan dapat dilakukan secara lebih tepat.

Tingkat nafsu makan kucing dapat diamati dari kebiasaan kucing mendekati tempat makan dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Nafsu makan yang menurun dapat menjadi salah satu tanda awal adanya perubahan kondisi pada kucing, sedangkan nafsu makan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan pemberian pakan berlebih. Namun, pemantauan secara manual tidak selalu mudah dilakukan, terutama bagi pemilik kucing yang memiliki aktivitas di luar rumah. Pemilik sering kali tidak mengetahui kapan kucing datang ke tempat makan, seberapa sering kucing terdeteksi, dan berapa banyak pakan yang benar-benar dimakan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa frekuensi pemberian pakan berpengaruh terhadap perilaku dan aktivitas kucing. Deng et al. (2014) meneliti pengaruh frekuensi pemberian pakan dan kandungan air dalam pakan terhadap aktivitas fisik kucing dewasa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pola pemberian pakan dapat memengaruhi aktivitas sukarela kucing, sehingga frekuensi makan dapat menjadi salah satu aspek penting dalam manajemen pemberian pakan [2]. Camara et al. (2020) juga meneliti pengaruh frekuensi pemberian pakan terhadap hormon pengatur nafsu makan, aktivitas fisik, dan pengeluaran energi pada kucing dewasa. Penelitian tersebut memperkuat bahwa pola makan kucing tidak hanya dilihat dari jumlah pakan yang diberikan, tetapi juga dari respons perilaku dan fisiologis kucing terhadap jadwal pemberian pakan [3].

Selain frekuensi makan, perilaku makan kucing juga dipengaruhi oleh penerimaan terhadap pakan. Sumber dan kadar lemak pada pakan dapat memengaruhi tingkat penerimaan dan daya cerna pakan oleh kucing. Hal ini menunjukkan bahwa sisa pakan atau jumlah pakan yang tidak termakan tidak selalu disebabkan oleh ketersediaan pakan yang kurang, tetapi dapat berkaitan dengan preferensi dan kondisi perilaku makan kucing [4]. Perilaku makan dan minum pada kucing memiliki dasar fisiologis dan perilaku tertentu, sehingga perubahan pola makan dapat menjadi indikator yang perlu diperhatikan dalam pemantauan kondisi hewan [5].

Meskipun sistem pakan otomatis telah banyak dikembangkan, masih diperlukan sistem yang tidak hanya memberikan pakan, tetapi juga dapat mengolah data kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi menjadi informasi tingkat nafsu makan. Informasi tersebut dapat membantu pemilik dalam memahami kebiasaan makan kucing secara lebih terukur. Pada penelitian ini, tingkat nafsu makan kucing ditentukan menggunakan logika fuzzy dengan dua variabel masukan, yaitu tingkat kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Variabel keluaran sistem berupa kategori tingkat nafsu makan kucing, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Logika fuzzy dipilih karena mampu menangani data yang bersifat tidak pasti dan tidak selalu dapat dinyatakan secara tegas. Dalam kasus pengukuran tingkat nafsu makan kucing, istilah seperti jarang, normal, sering, sedikit, cukup, banyak, rendah, sedang, dan tinggi merupakan istilah linguistik yang sesuai diolah menggunakan pendekatan fuzzy [6]. Dengan metode ini, sistem dapat mengambil keputusan berdasarkan kombinasi nilai sensor, bukan hanya berdasarkan batas nilai tunggal.

Sistem yang dirancang pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi kehadiran kucing, load cell dengan modul HX711 untuk mengukur berat pakan, RTC DS3231 untuk pencatatan waktu, modul microSD untuk menyimpan data, motor servo sebagai penggerak mekanisme pakan, dan LCD sebagai media tampilan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses pengukuran tingkat nafsu makan kucing dan pengelolaan sisa pakan dapat dilakukan secara otomatis, sehingga membantu pemilik dalam memantau pola makan kucing serta mengurangi pemborosan pakan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem otomatis untuk pengukuran tingkat nafsu makan kucing dan pengelolaan sisa pakan kucing?
2. Bagaimana memperoleh data tingkat kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi menggunakan sensor ultrasonik dan load cell?
3. Bagaimana menerapkan logika fuzzy untuk menentukan tingkat nafsu makan kucing berdasarkan variabel tingkat kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi?
4. Bagaimana menampilkan dan menyimpan hasil pengukuran tingkat nafsu makan kucing agar dapat digunakan sebagai informasi bagi pemilik kucing?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem otomatis untuk mengukur tingkat nafsu makan kucing serta membantu pengelolaan sisa pakan kucing.
2. Mengukur tingkat kehadiran kucing menggunakan sensor ultrasonik dan mengukur jumlah pakan yang dikonsumsi menggunakan load cell dan modul HX711.
3. Menerapkan metode logika fuzzy untuk menentukan tingkat nafsu makan kucing dengan kategori rendah, sedang, dan tinggi.
4. Menampilkan hasil pembacaan sistem pada LCD serta menyimpan data pengujian ke dalam media penyimpanan microSD sebagai data pemantauan.

1.4. Manfaat

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat, diantaranya:

1. Membantu pemilik kucing memantau pola makan kucing berdasarkan data kehadiran dan jumlah pakan yang dikonsumsi agar terhindar dari *overfeeding* atau *underfeeding* yang dapat berdampak buruk pada kesehatan kucing.
2. Memberikan informasi kategori tingkat nafsu makan kucing sehingga pemilik dapat lebih mudah mengenali perubahan kebiasaan makan.
3. Membantu pemilik mengetahui sisa pakan dan membatasi akses ke area makan.
4. Dengan memastikan asupan makanan yang sesuai, sistem ini dapat berkontribusi pada kesehatan yang lebih optimal bagi kucing, termasuk menjaga berat badan yang sehat dan mengurangi risiko masalah kesehatan terkait makanan.
5. Menjadi referensi penerapan logika fuzzy pada sistem mekatronika sederhana yang menggunakan sensor, aktuator, tampilan, dan media penyimpanan data.
6. Memberikan kemudahan dalam proses pemeliharaan kucing, khususnya bagi pemilik yang tidak selalu dapat melakukan pemantauan secara langsung.

1.5. Batasan

Ada beberapa batasan yang diterapkan pada penelitian ini, yaitu:

1. Sistem yang dirancang hanya digunakan untuk pakan kucing berbentuk kering dan tidak mencakup pengelolaan air minum.
2. Penelitian dilakukan menggunakan jenis pakan yang sudah biasa dikonsumsi oleh kucing agar perubahan nafsu makan akibat pergantian pakan dapat diminimalkan.
3. Produk pakan yang digunakan dalam penelitian adalah *Kitchen Flavor Grain Free Adult Cat* sebagai acuan penentuan takaran pemberian pakan.
4. Penelitian dilakukan pada satu ekor kucing peliharaan berusia 9 tahun dengan kondisi sehat secara pengamatan umum. Sistem ini tidak digunakan sebagai alat diagnosis medis.
5. Pemilihan tidak membedakan ras maupun jenis kelamin kucing sehingga kedua faktor tersebut tidak dijadikan variabel penelitian.
6. Variabel masukan logika fuzzy dibatasi pada tingkat kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi.
7. Keluaran logika fuzzy dibatasi pada kategori tingkat nafsu makan kucing, yaitu rendah, ideal, dan tinggi.
8. Metode logika fuzzy yang digunakan pada penelitian adalah metode Sugeno orde nol
9. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan kucing pada area tempat makan, sedangkan load cell digunakan untuk mengukur perubahan berat pakan pada wadah.
10. Pengisian pakan ke dalam tangki pakan masih dilakukan secara manual oleh pemilik atau peneliti.
11. Pengujian dilakukan di dalam ruangan rumah dengan minimnya gangguan eksternal dan tidak diperbolehkan kucing keluar dari rumah.
12. Konsumsi pakan maupun minum di luar sistem otomatis ini dianggap sebagai variabel eksternal yang tidak dikendalikan dalam penelitian.
13. Pengujian real-time dilakukan selama 2 hari efektif sebagai data pengamatan awal terhadap pola kehadiran dan konsumsi pakan kucing.
14. Data hasil pengujian disimpan pada kartu microSD
15. Pembersihan dan pemindahan fisik sisa pakan masih dilakukan secara manual.
16. Penelitian ini tidak melibatkan aspek kesehatan kucing yang meliputi pemeriksaan rutin atau perawatan medis lainnya.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pemantauan Nafsu Makan Kucing

2.1.1. Pola Makan Kucing

Kucing secara alami cenderung melakukan beberapa aktivitas makan dalam porsi kecil. Program pemberian pakan yang baik tidak hanya berkaitan dengan jumlah energi, tetapi juga cara pakan disajikan, kesempatan melakukan perilaku mencari pakan, lokasi makan, dan kondisi lingkungan [7]. Penelitian mengenai frekuensi pemberian pakan menunjukkan bahwa perubahan jadwal makan dapat berhubungan dengan aktivitas fisik dan respons pengatur nafsu makan [2], [3].

Kucing dapat mendekati area makan karena rutinitas, antisipasi, eksplorasi, rangsangan lingkungan, atau keinginan melakukan aktivitas lain. Kondisi stres dan pengaturan lingkungan makan juga dapat memengaruhi perilaku makan [8]. Selain itu, aroma, tekstur, rasa, dan pengalaman sebelumnya memengaruhi preferensi terhadap pakan [9].

Perubahan tempat dan cara penyajian pakan dapat memengaruhi respons kucing. Pengenalan perangkat pemberian pakan sebaiknya dilakukan bertahap, menggunakan pakan yang telah dikenal, serta memberi kesempatan kucing berinteraksi secara sukarela. Penggunaan food puzzle juga biasanya diperkenalkan secara bertahap agar hewan dapat belajar memperoleh pakan tanpa tekanan [10].

2.1.2. Pemberian Pakan Kucing

Kucing memiliki preferensi makanan tertentu, dan memperkenalkan pakan baru dapat mengakibatkan perubahan nafsu makan. Memberi makanan favorit kucing bisa membuat kucing lebih bersemangat untuk makan. Terlalu banyak memberikan porsi makan kucing bisa membuat kucing terlalu kenyang dan bisa menyebabkan kelebihan berat badan, dan jika terlalu sedikit bisa membuatnya tidak mendapatkan nutrisi yang sesuai.

Kebutuhan pakan kucing dapat berbeda-beda bergantung pada usia, berat badan, tingkat aktivitas, dan kondisi kesehatan [11]. Berikut adalah panduan takaran dan jadwal kucing berdasarkan dari Hello Sehat dalam pemberian pakan kering.

Tabel 1. Panduan Takaran dan Jadwal Makan Kucing

Kategori	Usia	Takaran Sehari/berat kucing	Jadwal Makan per Hari
Anak kucing	8-12 minggu	20-25 g	2 kali
Kucing dewasa	1-7 tahun	30-40 g/kg	4-5 kali

Kategori	Usia	Takaran Sehari/berat kucing	Jadwal Makan per Hari
Kucing Senior	> 7 tahun	30-40 g/kg	3-4 kali

Kucing senior idealnya akan makan setidaknya 3-4 kali dalam sehari dengan takaran yang disesuaikan dengan berat badan kucing. Umumnya, setiap kilogram berat badan kucing membutuhkan 30-40 gram makanan kering dalam sehari. Namun, angka umum kebutuhan pakan berdasarkan berat badan tidak digunakan sebagai dasar utama karena setiap produk pakan memiliki komposisi dan kandungan energi yang berbeda [12].

Berdasarkan panduan pemberian pakan produk Kitchen Flavor Grain Free Adult Cat yang diterbitkan oleh Bridge PetCare, kucing dengan kelompok berat badan 5–6 kg dan aktivitas normal dianjurkan memperoleh pakan sebanyak 90–100 gram per hari. Berikut adalah panduan lengkap takaran kucing berdasarkan pakan Kitchen Flavor Grain Free Adult Cat yang disarankan untuk usia kucing lebih dari satu tahun [13].

Tabel 2. Takaran Makan Kucing dari Produk Pakan

Berat (kg)	Aktivitas Normal (g/hari)	Aktivitas Tinggi (g/hari)
2-3	50-55	60-65
3-4	60-70	70-80
4-5	75-85	85-95
5-6	90-100	100-110
> 6	105-115	115-125

2.1.3. Karakteristik Aktivitas Kucing

Tingkat aktivitas merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kebutuhan energi dan jumlah pakan harian kucing. Secara umum, aktivitas kucing dapat diklasifikasikan menjadi aktivitas normal dan aktivitas tinggi. Kucing dengan aktivitas normal umumnya melakukan aktivitas harian seperti berjalan, bermain dalam waktu terbatas, makan, minum, dan beristirahat. Sebaliknya, kucing dengan aktivitas tinggi lebih sering melakukan aktivitas fisik seperti berlari, melompat, memanjat, berburu, serta bermain dalam durasi yang lebih lama sehingga memerlukan pengeluaran energi yang lebih besar.

Lingkungan pemeliharaan juga memengaruhi tingkat aktivitas kucing. Kucing yang dipelihara di dalam rumah (*indoor*) cenderung memiliki aktivitas fisik yang lebih rendah dibandingkan kucing yang dipelihara di luar rumah (*outdoor*) karena ruang geraknya lebih terbatas. Sebaliknya, kucing *outdoor* memiliki kesempatan

lebih besar untuk mengeksplorasi lingkungan, berjalan, memanjat, dan berburu sehingga kebutuhan energinya lebih tinggi [14], [15].

Perbedaan tingkat aktivitas tersebut menjadi dasar dalam penentuan kebutuhan pakan harian. Kucing dengan aktivitas tinggi memerlukan asupan energi yang lebih besar dibandingkan kucing dengan aktivitas normal agar keseimbangan energi tetap terjaga dan kondisi tubuh tetap optimal [15]. Oleh karena itu, beberapa produsen pakan kucing juga membedakan rekomendasi jumlah pemberian pakan berdasarkan kategori aktivitas normal dan aktivitas tinggi.

2.1.4. Pengelolaan Sisa Pakan

Sisa pakan yang tidak dimakan dapat menyebabkan pemborosan dan menurunkan kebersihan area tempat makan. Pada pakan kering, sisa pakan yang terlalu lama berada di wadah juga dapat terpapar debu, kotoran, atau kelembapan lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan sisa pakan diperlukan agar pakan yang tidak dikonsumsi dapat dipisahkan dari area makan atau dikembalikan sesuai mekanisme alat [16].

2.2. Logika Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh. Teori ini banyak diterapkan di berbagai bidang, diantaranya untuk menemukan sebuah solusi yang sifatnya samar/abu-abu. Basis logika fuzzy yaitu teori kumpulan fuzzy seperti pengambil keputusan keberadaan objek sebagai kumpulan. Nilai keanggotaan atau *membership function* sebagai identitas penting untuk pemikiran melalui logika fuzzy [6].

2.2.1. Metode Sugeno Orde Nol

Sistem inferensi yang digunakan adalah Takagi-Sugeno orde nol. Pada metode ini, bagian anteseden setiap aturan menggunakan himpunan fuzzy, sedangkan konsekuennya berupa konstanta atau singleton. Dalam penelitian ini, singleton rendah, ideal, dan tinggi masing-masing ditetapkan 25, 50, dan 75. Hasil akhir dihitung sebagai rata-rata berbobot dari seluruh aturan yang aktif [17].

Metode ini berbeda dari Mamdani. Pada Mamdani, konsekuen berbentuk himpunan fuzzy keluaran dan umumnya memerlukan agregasi kurva keluaran serta defuzzifikasi centroid. Pada Sugeno orde nol, tidak dibentuk kurva keluaran Mamdani; derajat aktivasi aturan langsung menjadi bobot bagi nilai singleton.

2.2.2. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy adalah variabel yang digunakan dalam sistem fuzzy dan memiliki beberapa himpunan linguistik [7]. Pada penelitian ini terdapat dua variabel masukan dan satu variabel keluaran. Variabel masukan pertama adalah tingkat kehadiran kucing, yang diperoleh dari jumlah atau frekuensi deteksi kucing pada sensor ultrasonik dalam periode tertentu. Variabel ini dibagi menjadi tiga himpunan, yaitu jarang, normal, dan sering.

Variabel masukan kedua adalah jumlah pakan yang dikonsumsi, yaitu selisih antara pakan yang tersedia dan pakan yang tersisa setelah proses makan. Variabel ini dibagi menjadi tiga himpunan, yaitu sedikit, cukup, dan banyak. Variabel keluaran adalah tingkat nafsu makan kucing yang dibagi menjadi tiga kategori, yaitu rendah, ideal, dan tinggi.

Tabel 3. Variabel Fuzzy Pada Sistem

No.	Variabel	Jenis	Himpunan
1	Tingkat Kehadiran Kucing	Input	Jarang, Normal, Sering
2	Jumlah pakan yang dikonsumsi	Input	Sedikit, Cukup, Banyak
3	Tingkat nafsu makan kucing	Output	Rendah, Ideal, Tinggi

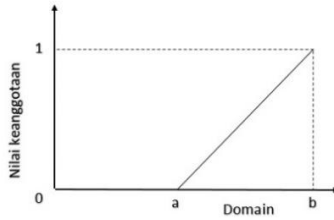
2.2.3. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) yaitu kurva yang menunjukkan pemetaan poin masukan keterangan sebagai nilai keanggotaan yang merupakan interval antara nol mencapai satu [6]. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melakukan pendekatan fungsi. Adapun fungsi-fungsi keanggotaan fuzzy yang dapat digunakan, diantaranya:

1. Kurva Linier

Fungsi ini menampilkan nilai keanggotaan dalam suatu garis lurus. Pada kurva linier terdapat 2 keadaan himpunan fuzzy, yaitu:

- Pertama, kenaikan himpunan dimulai dari nilai keanggotaan domain adalah nol (0) bergerak ke kanan hingga nilai keanggotaan domain adalah satu (1).

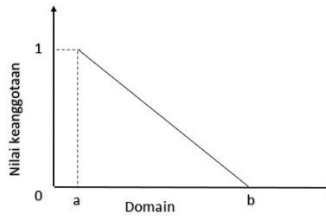


Gambar 1. Kurva Linier Naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

- b. Kedua, penurunan himpunan dimulai dari nilai keanggotaan domain adalah satu (1) bergerak ke kanan hingga nilai keanggotaan domain adalah nol (0).



Gambar 2. Kurva Linier Turun

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b - x)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Dimana:

$\mu[x, a, b]$ = nilai keanggotaan

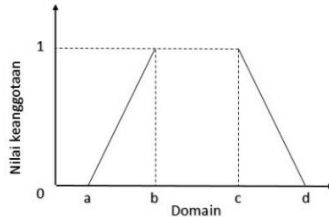
a = nilai dominan yang memiliki nilai keanggotaan satu.

b = nilai dominan yang memiliki nilai keanggotaan nol.

x = nilai dominan yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy.

2. Kurva Trapesium

Fungsi ini hampir sama dengan segitiga namun terdapat dua nilai dominan yang bernilai keanggotaan satu (1).



Gambar 3. Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x, a, b, c, d] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & x \geq d \end{cases}$$

Dimana:

- a = nilai dominan terkecil yang memiliki nilai keanggotaan nol.
- b = nilai dominan terkecil yang memiliki nilai keanggotaan satu.
- c = nilai dominan terbesar yang mempunyai nilai keanggotaan satu.
- d = nilai dominan terbesar yang mempunyai nilai keanggotaan satu.

2.2.4. Fuzzifikasi

Langkah pertama dalam proses Logika fuzzy adalah melakukan fuzzifikasi. Proses ini dilakukan untuk menentukan input nantinya dengan cara kombinasi himpunan fuzzy dan fungsi keanggotaan. Setiap fungsi keanggotaan mengidentifikasi nilai masukan di *real time* [18].

2.2.5. Evaluasi Aturan Fuzzy

Langkah ini yaitu memberikan aturan-aturan menggunakan input yang sudah dilakukan di fuzzifikasi sebagai acuan sistem nantinya. Jumlah aturan fuzzy yang ditentukan bergantung dari potensi kombinasi fungsi keanggotaan [19].

Contoh aturan yang digunakan pada sistem ini adalah: jika tingkat kehadiran kucing jarang dan jumlah pakan yang dikonsumsi sedikit, maka tingkat nafsu makan kucing rendah. Jika tingkat kehadiran kucing normal dan jumlah pakan yang

dikonsumsi cukup, maka tingkat nafsu makan kucing ideal. Jika tingkat kehadiran kucing sering dan jumlah pakan yang dikonsumsi banyak, maka tingkat nafsu makan kucing tinggi.

Tabel 4. Contoh Aturan Tingkat Nafsu Makan Kucing

No.	Tingkat Kehadiran	Pakan Dikonsumsi	Tingkat Nafsu Makan
1	Jarang	Sedikit	Rendah
2	Jarang	Cukup	Rendah
3	Jarang	Banyak	Ideal
4	Normal	Sedikit	Rendah
5	Normal	Cukup	Ideal
6	Normal	Banyak	Tinggi
7	Sering	Sedikit	Ideal
8	Sering	Cukup	Tinggi
9	Sering	Banyak	Tinggi

2.2.6. Defuzzifikasi

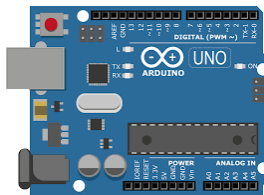
Setelah memberikan aturan fuzzy, langkah terakhir yakni mengubah hasil keluaran aturan fuzzy menjadi nilai domain himpunan fuzzy. Bisa diartikan langkah ini yaitu perubahan kumpulan-kumpulan fuzzy yang disajikan melalui fungsi keanggotaan untuk kembali seperti nilai domain di awal [6].

Pada metode Sugeno orde nol, defuzzifikasi dilakukan menggunakan rata-rata berbobot. Derajat aktivasi setiap aturan (α_i) dikalikan dengan nilai singleton konsekuennya (z_i), kemudian seluruh hasil dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah derajat aktivasi. Persamaan yang digunakan adalah $z = \sum(\alpha_i \times z_i) / \sum \alpha_i$. Dengan demikian, seluruh aturan yang aktif memberikan kontribusi terhadap nilai keluaran akhir [17].

2.3. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang populer dan banyak digunakan karena kemudahannya dalam penggunaan. Diperkenalkan pada tahun 2010, Arduino Uno dirancang untuk menyediakan cara yang mudah dan murah bagi pelajar, penghobi, dan profesional dalam membuat suatu proyek elektronik yang berinteraksi dengan lingkungannya menggunakan beberapa sensor dan aktuator.

Arduino Uno didasarkan pada mikrokontroler ATmega328P dengan arsitektur AVR 8-bit dan kecepatan clock 16MHz. Mikrokontroler ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol berbagai perangkat dan komponen secara mudah. Memiliki 14 pin input/output digital dan 6 pin input analog, koneksi USB, tombol reset, dan soket catu daya. Arduino Uno menggunakan bahasa pemrograman C/C++, yang disederhanakan dan mudah dipahami. Menggunakan perangkat lunak Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang menyediakan berbagai fungsi dan *library* sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan kode program. Banyak komunitas besar dan aktif mendukung Arduino Uno dengan menyediakan berbagai sumber daya, dan tutorial bagi pengguna. Komunitas ini jelas membantu bagi pengguna baru maupun yang berpengalaman dalam pengembangan proyek menggunakan Arduino Uno [20].



Gambar 4. Arduino Uno

2.4. Power Supply

Power supply atau catu daya merupakan komponen yang menyediakan daya listrik ke seluruh komponen dalam sebuah proyek elektronik agar komponen tersebut dapat berfungsi. Catu daya dirancang untuk mengubah arus listrik dengan tegangan tinggi menjadi rendah (*AC-Alternating Current* ke *DC-Direct Current*), mengatur dan menstabilkan tegangan listrik agar komponen elektronik lain menerima aliran listrik dengan tegangan yang sesuai [21].



Gambar 5. Power Supply

2.5. Load Cell dan Modul HX711

Load cell merupakan alat yang didesain untuk mendeteksi suatu beban. Sensor beban ini sering digunakan sebagai komponen utama dalam sistem timbangan digital. Prinsip kerjanya adalah ketika menerima beban pada suatu wadah tertentu, maka ketika bagian elastis dari *load cell* mendapat beban terjadi regangan sebagai tanggapan terhadap gaya yang diterapkan pada sisi yang berlawanan.

Modul HX711 merupakan komponen elektronik yang didesain untuk membaca beban yang diukur oleh sensor beban, seperti *load cell*. Modul ini mengubah data tersebut menjadi format yang dapat dibaca oleh mikrokontroler atau computer. Modul HX711 digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pengukuran pada beban, seperti timbangan digital. Prinsip kerja modul ini yaitu mengkonversi perubahan resistansi pada sensor beban menjadi tegangan.



Gambar 6. Load cell dan Modul HX711

2.6. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan komponen sensor jarak yang menggunakan pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ini terdiri dari dua bagian, yaitu *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima). Prinsip dasar sensor ultrasonik terdapat pada sifat gelombang suara yang memiliki kecepatan konstan dalam medium dengan frekuensi dan durasi waktu tertentu. Frekuensi yang umumnya digunakan untuk sensor ini adalah 40kHz. Sensor akan menembakkan gelombang ultrasonik ke suatu area atau target. Ketika gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Pantulan gelombang akan ditangkap oleh sensor dan dihitung selisih waktu hasil pengiriman gelombang dengan gelombang diterima. Keunggulan sensor ini untuk mendeteksi jarak yang lebih jauh, terutama objek yang berada pada kedalaman suatu tempat [22].

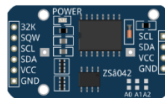


Gambar 7. Sensor Ultrasonik HC-SR04

2.7. RTC DS3231

Real-time Clock (RTC) merupakan rangkaian terintegrasi berisi pengatur waktu yang menyediakan waktu dalam sehari. RTC umumnya berisi baterai tahan lama untuk memungkinkannya melacak waktu bahkan ketika tidak ada daya yang mengalir.

DS3231 merupakan salah satu RTC dengan penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas dalam satu modul. Antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan I2C atau SDA dan SCL. Sehingga apabila diakses menggunakan mikrokontroler seperti Arduino Uno membutuhkan 2 pin dan 2 pin power. RTC DS3231 menggunakan tegangan antara 2.3V sampai 5.5V dan memiliki cadangan baterai [23].



Gambar 8. RTC DS3231

2.8. Modul SD Card Reader/Writer

Modul *Micro SD* merupakan modul untuk mengakses kartu memori eksternal untuk pembacaan ataupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (*Serial Parallel Interface*). Modul ini sangat cocok digunakan untuk menyimpan data dalam sebuah aplikasi seperti sistem absensi, antrian, dan sistem *logger* lainnya ke sebuah kartu memori eksternal *microSD*.



Gambar 9. Modul MicroSD Card Reader

2.9. Motor Servo

Servo atau motor servo merupakan sebuah komponen elektronika yang dirancang dari beberapa perangkat terdiri dari serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Motor servo dapat di set-up atau diatur untuk menentukan dan memastikan poros keluaran motor pada posisi sudut. Dari perangkat-perangkat yang berada di dalam motor servo memiliki fungsi dan tugas masing-masing. Seperti potensiometer atau variabel resistor mempunyai fungsi menentukan batasan maksimum putaran sumbu motor servo.



Gambar 10. Motor Servo MG996R

2.10. LCD

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul penampil data yang mempergunakan Kristal cair sebagai bahan untuk penampil data yang berupa tulisan, gambar maupun grafik. Layar LCD dapat menampilkan kualitas gambar berdasarkan jumlah piksel. Semakin tinggi jumlah piksel, semakin tinggi resolusi gambar yang dapat ditampilkan di layar. Pengaplikasiannya pada kehidupan sehari-hari yang mudah dijumpai antara lain pada kalkulator, televisi, ataupun layar computer [24].

Kelebihan dari LCD merupakan ringan, konsumsi daya yang relatif kecil dan tampilan pada layar LCD cukup bagus. Kelebihan lain dari LCD ini ialah tampilan pada layar LCD dapat dibaca dengan mudah apabila terpapar sinar matahari, walaupun di dalam ruangan yang minim cahaya sampai ruangan yang gelap sekalipun, tulisan pada layar LCD dapat dibaca dengan jelas. LCD hanya mengkonsumsi arus yang kecil (dalam satuan mikro ampere), sehingga alat maupun sistem menjadi ringan dengan hanya membutuhkan catu daya yang kecil.

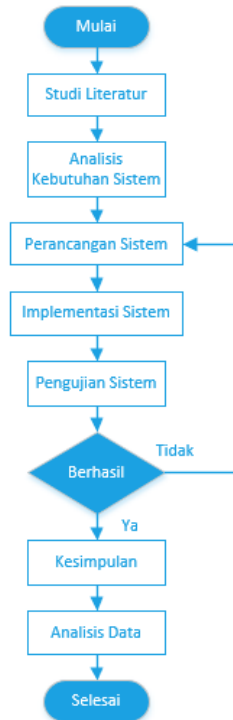


Gambar 11. LCD

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

Sebelum melakukan penelitian, perlu dilakukan beberapa tahapan dalam perancangan. Adapun tahapannya pada gambar di bawah.

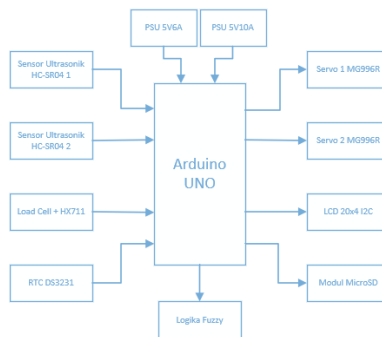


Gambar 12. Diagram Alir Perancangan Penelitian

Studi literatur digunakan untuk memperoleh dasar teori mengenai pemeliharaan kucing, pemberian pakan, sensor, aktuator, mikrokontroler, dan logika fuzzy. Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan komponen yang sesuai dengan fungsi sistem. Perancangan sistem dilakukan untuk menyusun hubungan kerja antara sensor, mikrokontroler, aktuator, tampilan, dan media penyimpanan data. Tahap terakhir adalah pengujian sistem untuk mengetahui apakah setiap bagian sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang.

Sistem yang dirancang pada penelitian ini bekerja dengan memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan kucing pada area tempat makan dan load cell untuk mengukur berat pakan. Data dari sensor diproses oleh Arduino Uno sebagai pengendali utama. RTC DS3231 digunakan untuk memberikan informasi waktu, sedangkan modul microSD digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan. LCD digunakan untuk menampilkan informasi sistem secara langsung, seperti status kehadiran kucing, jumlah pakan yang dikonsumsi, sisa pakan, dan kategori tingkat nafsu makan.

Secara umum, sistem dimulai dengan proses inisialisasi seluruh komponen. Setelah sistem aktif, sensor ultrasonik membaca keberadaan kucing pada area tempat makan. Ketika kucing terdeteksi, sistem mencatat kehadiran dan membaca berat pakan pada wadah saji. Setelah sesi makan selesai atau kucing tidak lagi terdeteksi dalam waktu tertentu, sistem membaca kembali berat pakan. Selisih berat awal dan berat akhir digunakan sebagai data jumlah pakan yang dikonsumsi. Data kehadiran dan jumlah pakan yang dikonsumsi kemudian diproses menggunakan logika fuzzy untuk menentukan kategori tingkat nafsu makan kucing.



Gambar 13. Blok Diagram Sistem

3.1.1. Perancangan *Hardware*

Rancangan perangkat keras pada elektrikal dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen utama pada Arduino Uno. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi keberadaan kucing berdasarkan jarak objek terhadap sensor. Load cell yang terhubung dengan modul HX711 digunakan untuk membaca berat pakan pada wadah. RTC DS3231 digunakan untuk mencatat waktu pengujian, sedangkan modul microSD digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan sistem. Motor servo digunakan sebagai penggerak mekanisme pakan atau pintu pada wadah pakan. LCD digunakan sebagai tampilan informasi agar

Pada bagian catu daya, Arduino Uno dan komponen sensor dapat menggunakan adaptor yang sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler. Motor servo disarankan menggunakan 2 sumber daya eksternal 5V dengan arus 6A dan 10A, karena servo MG996R membutuhkan arus yang lebih besar ketika bergerak atau menahan beban. Jalur ground dari sumber daya servo dan Arduino harus disatukan agar sinyal kontrol dari Arduino dapat diterima oleh servo dengan baik. Pemisahan jalur daya ini bertujuan untuk menjaga kestabilan pembacaan sensor dan mencegah Arduino mengalami reset ketika servo bergerak.



18

Pengelolaan sisa pakan pada sistem ini dilakukan dalam bentuk pemantauan dan pembatasan akses. Nilai sisa pakan diperoleh dari pembacaan berat akhir load cell setelah sesi makan. Setelah kucing meninggalkan area makan, motor servo menutup pintu akrilik untuk membatasi akses ke wadah pakan. Data konsumsi dan sisa pakan tetap disimpan hingga akumulasi satu hari ditampilkan. Apabila setelah pemeriksaan ditemukan pakan yang perlu dibersihkan, pembersihan dilakukan secara manual oleh pengguna. Sistem tidak dilengkapi mekanisme untuk memindahkan atau mengembalikan sisa pakan secara otomatis.

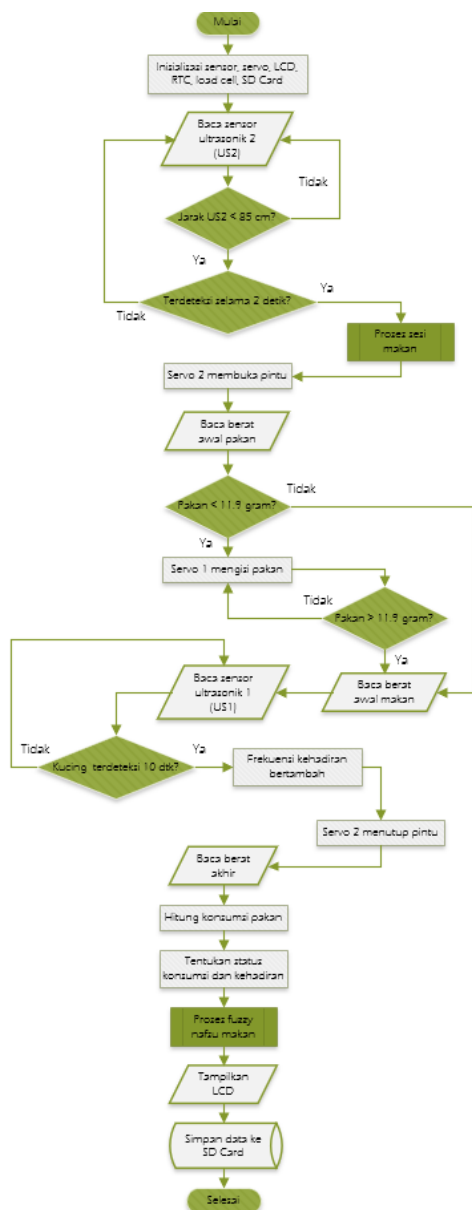


Gambar 15. Desain Rancangan *Hardware* Mekanikal

3.1.2. Perancangan *Software*

Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE. Program dibuat untuk membaca data sensor, mengatur aktuator, menjalankan proses logika fuzzy, menampilkan data pada LCD, dan menyimpan data ke microSD. Proses awal perangkat lunak adalah inisialisasi pin, library, LCD, RTC, microSD, sensor ultrasonik, load cell, dan servo. Setelah inisialisasi berhasil, sistem masuk ke proses pembacaan data secara berulang.

Sensor ultrasonik membaca jarak objek di depan tempat makan. Jika jarak berada pada batas deteksi dan jeda yang telah ditentukan, sistem membuka dan menutup pintu akrilik yang berfungsi sebagai keluar masuk kucing untuk makan. Ultrasonik membaca kehadiran saat kucing terdeteksi sedang makan, sehingga walaupun pintu akrilik terbuka, belum dipastikan kucing mau makan. Load cell membaca berat pakan pada wadah sebelum dan sesudah sesi makan. Data berat tersebut digunakan untuk memperoleh jumlah pakan yang dikonsumsi. Selanjutnya, nilai frekuensi kehadiran dan jumlah pakan yang dikonsumsi menjadi masukan sistem fuzzy.



Gambar 16. Flowchart Proses Perangkat Lunak

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan sistem otomatis yang dirancang. Komponen utama terdiri dari mikrokontroler, sensor, aktuator, tampilan, media penyimpanan, sumber daya, serta bagian mekanik alat. Daftar alat dan bahan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat/bahan	Fungsi
1	Arduino Uno	Pengendali utama untuk memproses data sensor dan mengatur output
2	Sensor ultrasonik HC-SR04	Mendeteksi keberadaan kucing pada area tempat makan
3	Load cell dan modul HX711	Mengukur berat pakan pada wadah saji
4	RTC DS3231	Mencatat waktu dan tanggal pengambilan data
5	Modul microSD dan kartu microSD	Menyimpan data hasil pengukuran sistem
6	LCD	Menampilkan informasi pembacaan sensor dan hasil fuzzy
7	Motor servo MG996R	Menggerakkan mekanisme pakan atau pintu tempat makan
8	Power supply 5V 6A-10A	Menyuplai daya motor servo agar arus lebih stabil
9	Adaptor Arduino	Menyuplai daya Arduino dan rangkaian control
10	Pakan kucing kering	Bahan utama dalam proses pengujian konsumsi pakan
11	Kabel jumper dan project board	Media penghubung rangkaian antar komponen
12	Akrilik, rangka, baut, dan dudukan	Bahan pembuatan mekanik prototipe

3.3. Pengujian

Pengukuran dan pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang sudah dirancang dapat bekerja sesuai dengan fungsinya serta cara kerjanya secara keseluruhan. Hasil pengujian secara lengkap akan dibahas pada Bab 4 setelah seluruh data pengujian diperoleh.

3.3.1. Pengujian Fungsional

Pengujian ini dilakukan pada setiap komponen untuk memastikan bahwa komponen dapat bekerja sebelum sistem diuji secara keseluruhan.

Tabel 6. Pengujian Fungsional

Komponen	Proses Pengujian	Indikator Keberhasilan
Sensor Ultrasonik HC-SR04	Membaca jarak kucing pada area makan	Jarak terbaca stabil dan sesuai batas deteksi
Load Cell dan HX711	Membaca berat pakan menggunakan beban pembanding	Berat terbaca mendekati nilai beban sebenarnya setelah kalibrasi
Motor Servo MG996R	Menggerakkan pintu atau mekanisme pakan pada sudut tertentu	Servo bergerak sesuai perintah tanpa menyebabkan Arduino reset
RTC DS3231	Membaca waktu dan tanggal	Waktu terbaca sesuai waktu sebenarnya
LCD	Menampilkan data sensor dan hasil fuzzy	Informasi tampil dengan jelas
Modul MicroSD	Menyimpan data dan pengujian	File log berhasil dibuat dan data tersimpan

3.3.2. Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode Sugeno orde nol dengan memasukkan beberapa kombinasi nilai frekuensi kehadiran dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem mampu menghasilkan kategori tingkat nafsu makan sesuai dengan aturan fuzzy yang telah dirancang. Proses fuzzy terdiri dari fuzzifikasi, evaluasi aturan, dan defuzzifikasi. Nilai akhir dapat ditampilkan dalam bentuk indeks dan kategori agar mudah dipahami oleh pengguna.

Batas nilai pada setiap himpunan fuzzy ditentukan berdasarkan kebutuhan pengujian dan dapat disesuaikan setelah proses kalibrasi awal. Pada rancangan awal, pembagian variabel input dan parameter fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Variabel Input Tingkat Kehadiran Kucing

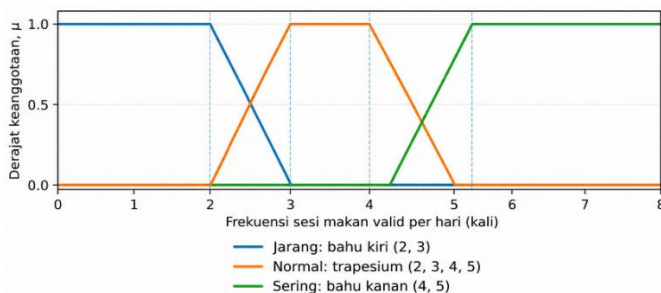
Variabel	Himpunan	Bentuk	Parameter
Kehadiran	Jarang	Bahu kiri	$a=2, b=3$
Kehadiran	Normal	Trapesium	$a=2, b=3, c=4, d=5$

Variabel	Himpunan	Bentuk	Parameter
Kehadiran	Sering	Bahu Kanan	a=4, b=5
Konsumsi	Sedikit	Bahu kiri	a=80, b=90
Konsumsi	Cukup	Trapesium	a=80, b=90, c=100, d=110
Konsumsi	Banyak	Bahu Kanan	a=100, b=110

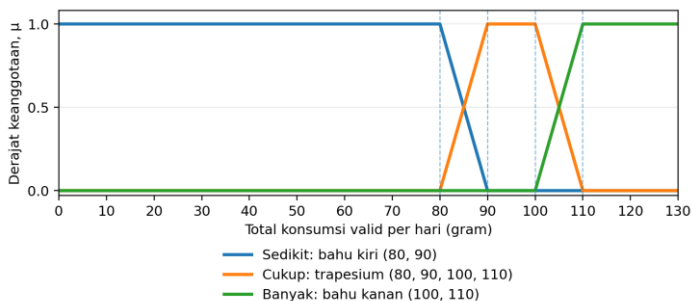
Aturan fuzzy disusun berdasarkan hubungan antara kehadiran kucing dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Sembilan rule menggunakan operator AND=min. Setiap rule menghasilkan singleton 25, 50, atau 75. Nilai akhir dihitung langsung dari semua rule aktif dengan $z = \sum(\alpha_i \times z_i) / \sum \alpha_i$. Jika $\sum \alpha_i = 0$ karena input berada di luar semesta akibat kesalahan data, sistem menggunakan nilai aman 25 dan mencatat kondisi tersebut untuk diperiksa. Aturan fuzzy dan Defuzzifikasi ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Aturan Fuzzy dan Defuzzifikasi Tingkat Nafsu Makan Kucing

Rule	Kehadiran	Konsumsi	Konsekuensi
R1	Jarang	Sedikit	25 / Rendah
R2	Jarang	Cukup	25 / Rendah
R3	Jarang	Banyak	50 / Ideal
R4	Normal	Sedikit	25 / Rendah
R5	Normal	Cukup	50 / Ideal
R6	Normal	Banyak	75 / Tinggi
R7	Sering	Sedikit	50 / Ideal
R8	Sering	Cukup	75 / Tinggi
R9	Sering	Banyak	75 / Tinggi



Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Frekuensi Kehadiran



Gambar 18. Fungsi Keanggotaan Pakan yang Dikonsumsi

Tabel 9. Rentang Output Tingkat Nafsu Makan Kucing

Rentang Indeks	Kategori	Keterangan
0 – 40	Rendah	Tingkat nafsu makan kucing berada di bawah kondisi normal berdasarkan kombinasi input sistem
41 – 60	Ideal	Tingkat nafsu makan kucing berada pada kondisi ideal atau normal berdasarkan kombinasi input sistem
61 - 100	Tinggi	Tingkat nafsu makan kucing berada kondisi di atas kondisi normal berdasarkan kombinasi input sistem

3.3.3. Pengujian Real-Time

Pengujian real-time dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem ketika digunakan secara langsung pada kondisi penggunaan sebenarnya. Pengujian dilakukan selama 2 hari efektif, yaitu pada tanggal 11 Juli 2026 dan 12 Juli 2026, di dalam ruangan rumah sesuai batasan penelitian. Pada saat pengujian, sistem dinyalakan, RTC DS3231 dan microSD dipastikan aktif, wadah pakan disiapkan, dan sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kehadiran kucing pada area makan.

Data yang dicatat pada pengujian real-time disesuaikan dengan data hasil pada Bab 4, yaitu jumlah data log, sesi valid nafsu makan, data pengelolaan sisa pakan, sesi makan, hadir tidak makan, total konsumsi valid, status kehadiran, status konsumsi, hasil fuzzy, serta variabel eksternal. Variabel eksternal seperti konsumsi snack, minum, atau aktivitas lain di luar sistem dicatat sebagai faktor yang dapat memengaruhi jumlah pakan yang dikonsumsi.

Tabel 10. Pengujian Real Time

Tanggal	Total Konsumsi	Status Konsumsi	Sisa Pakan Terakhir	Total Kehadiran	Status Kehadiran	Nilai	Status Nafsu
11/7/2026							
12/7/2026							

Output sistem ditampilkan melalui LCD dan disimpan pada microSD. LCD menampilkan informasi utama agar pengguna dapat melihat kondisi sistem secara langsung. Data yang disimpan pada microSD digunakan sebagai data pengujian dan dokumentasi penelitian. Format output yang ditampilkan dan disimpan ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 11. Output yang Ditampilkan dan Disimpan

No.	Output	Media
1	Status Kehadiran Kucing	LCD dan MicroSD
2	Frekuensi Kehadiran Kucing	LCD dan MicroSD
3	Jumlah Pakan yang Dikonsumsi	LCD dan MicroSD
4	Status Konsumsi	LCD dan MicroSD
5	Sisa Pakan / Berat Akhir	LCD dan MicroSD
6	Indeks dan Kategori Tingkat Nafsu Makan	LCD dan MicroSD
7	Tanggal dan Waktu Pengujian	MicroSD

3.3.4. Pengujian Sisa Pakan

Pengujian sisa pakan dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca dan mencatat sisa pakan, menutup akses area makan, menampilkan data akumulasi harian, serta mendokumentasikan tindakan pembersihan. Pengujian disesuaikan dengan fungsi yang benar-benar diterapkan pada alat dan tidak mencakup pemindahan sisa pakan secara otomatis.

Berat akhir pada setiap sesi diamati sebagai nilai sisa pakan yang tersimpan pada microSD. Setelah sesi selesai dan kucing tidak lagi berada di area makan, gerakan servo 2 diamati untuk memastikan pintu akrilik menutup dan membatasi akses ke wadah. Data akumulasi harian diperiksa sebelum tindakan pembersihan dilakukan. Sisa pakan hanya dibersihkan secara manual apabila diperlukan setelah data akumulasi satu hari ditampilkan.

Tabel 12. Pengujian Sisa Pakan

No.	Fungsi	Metode Uji	Kriteria Pelaporan
1	Pembacaan dan pencatatan sisa pakan	Amati nilai akhir pada setiap sesi dan periksa data pada LCD atau file log	Nilai berat akhir tercatat sebagai informasi sisa pakan
2	Penutupan akses	Amati Gerakan servo 2 setelah sesi selesai atau kucing meninggalkan area makan	Akses wadah tertutup secara mekanik
3	Tampilan data harian	Periksa data akumulasi nafsu makan sebelum wadah dibersihkan	
4	Pembersihan sisa pakan	Catat tindakan pengguna	Dinyatakan manual bila dilakukan oleh pengguna dengan catatan data akumulasi sehari sudah ditampilkan

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem otomatis pemberian pakan kucing dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat pada BAB 3.

4.1.1. Data Pengujian Fungsional Sistem

Tabel 13. Data Hasil Pengujian Fungsional Sistem

No.	Komponen	Kondisi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Ket.
1	Sensor Ultrasonik 2	Objek berada pada jarak <85cm selama 2 detik	Sistem mendeteksi kehadiran kucing	Sistem aktif dan servo 2 bergerak	Berhasil
2	Sensor Ultrasonik 2	Objek berada pada jarak >85cm selama 2 detik	Sistem tidak aktif	Sistem tetap menunggu kucing	Berhasil
3	Sensor Ultrasonik 1	Objek berada pada jarak <35 cm	Sistem mendeteksi kucing berada di area makan	LCD menampilkan objek/kucing terdeteksi	Berhasil
4	Sensor Ultrasonik 1	Objek berada pada jarak >35 cm	Sistem membaca objek tidak terdeteksi	Sistem menunggu hingga 10 detik	Berhasil
5	Load cell + HX711	Pakan diletakkan pada wadah	Sistem membaca berat pakan dalam gram	Berat pakan terbaca pada LCD	Berhasil
6	Servo 1	Berat pakan <12 gram	Servo 1 bergerak mengeluarkan pakan	Servo 1 bergerak hingga 12 gram atau lebih	Berhasil

No.	Komponen	Kondisi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Ket.
7	Servo 1	Berat pakan >12 gram	Servo 1 tidak bergerak mengeluarkan pakan	Servo 1 tidak bergerak sama sekali	Berhasil
8	Servo 2	Sensor ultrasonik 2 mendeteksi kucing	Servo 2 membuka pintu akrilik	Servo 2 bergerak membuka selama 12 detik	Berhasil
9	Servo 2	Sensor ultrasonik 1 tidak mendeteksi objek selama 10 detik	Servo 2 menutup pintu akrilik	Servo 2 bergerak menutup selama 13 detik	Berhasil
10	LCD 20x4	Sistem membaca data sensor	LCD menampilkan status sistem	LCD menampilkan status kucing, berat pakan, konsumsi, dan nafsu makan	Berhasil
11	RTC DS3231	Sistem menyimpan data waktu	Tanggal dan waktu terbaca sesuai	Waktu terbaca dan tersimpan pada file log	Berhasil
12	MicroSD	Sistem selesai melakukan sesi makan	Data tersimpan ke microSD	Data berhasil tersimpan dalam format CSV	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian fungsional, seluruh komponen utama sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.

4.1.2. Data Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan jarak dari meteran dengan jarak yang terbaca oleh sensor.

Tabel 14. Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Jarak Meteran	Jarak Hasil Sensor	Selisih	Error	Keterangan
1	10 cm	10,1 cm	0,1	1,00%	Sesuai
2	20 cm	19,8 cm	0,2	1,00 %	Sesuai
3	35 cm	35,4 cm	0,4	1,14 %	Sesuai
4	70 cm	70,6 cm	0,6	0,85 %	Sesuai
5	85 cm	84,6 cm	0,4	0,47 %	Sesuai
6	100 cm	100,2 cm	0,2	0,20 %	Sesuai

Rumus error yang digunakan adalah:

$$Error = \frac{|(Jarak\ Meteran - Jarak\ Hasil\ Sensor)|}{Jarak\ Meteran} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata error sensor ultrasonik adalah sebesar 0,77%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dapat membaca jarak objek dengan cukup baik dan dapat digunakan sebagai pendeteksi kehadiran kucing pada sistem.

4.1.3. Data Pengujian Load Cell

Pengujian dilakukan dengan membandingkan berat sebenarnya menggunakan timbangan digital dengan berat yang terbaca oleh load cell sesudah dikalibrasi dengan program arduino.

Tabel 15. Data Hasil Pengujian Load Cell

No	Berat Timbangan Digital	Berat Load Cell	Selisih	Error	Keterangan
1	6 g	6,7 g	0,7	11,66%	Sesuai
2	10 g	10,2 g	0,2	2,00 %	Sesuai
3	12 g	12,4 g	0,4	3,33 %	Sesuai
4	30 g	29,1 g	0,9	3,00 %	Sesuai
5	60 g	60,6 g	0,6	1,00 %	Sesuai
6	75 g	75,2 g	0,2	0,26 %	Sesuai

Rumus error yang digunakan adalah:

$$Error = \frac{|(Berat\ Timbangan - Berat\ Load\ Cell)|}{Berat\ Timbangan} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata error load cell adalah sebesar 3,54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa load cell dapat membaca berat pakan dengan cukup baik dan dapat digunakan sebagai pendeteksi kehadiran kucing pada sistem.

4.1.4. Data Pengujian Servo

Pengujian dilakukan dengan perintah program apakah Servo 2 mampu menggerakkan akrilik seberat 450 gram dengan roda bergigi 24 satu putaran, dan Servo 1 bisa membuka serta menutup keluaran pakan.

Tabel 16. Hasil Data Pengujian Servo

No	Servo	Kondisi Pengujian	Perintah Program	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Servo 1	Berat pakan kurang dari tangki pakan	Servo bergerak dengan sudut 0 derajat	Servo bergerak mengeluarkan >target berat awal	Berhasil
2	Servo 1	Pakan melebihi corong pakan	Servo bergerak dengan sudut 0 derajat	Servo tersendat untuk membuka	Tidak berhasil
3	Servo 1	Pakan melebihi corong pakan	Servo bergerak dengan sudut 0 dan 180 derajat	Servo bergerak membuka dan menutup mengeluarkan pakan >target berat awal	Berhasil
4	Servo 2	Akrilik seberat 450g diantara 2 jalur akrilik atas bawah sepanjang 27,5 cm melintas melalui jalur bergigi	Servo bergerak dengan putaran waktu 1800 mikrodetik selama 12,7 detik	Servo bergerak membuka pintu akrilik dengan rapat	Berhasil

No	Servo	Kondisi Pengujian	Perintah Program	Hasil Pengujian	Keterangan
5	Servo 2	Akrilik seberat 450g diantara 2 jalur akrilik atas bawah sepanjang 27,5 cm melintas melalui jalur bergigi	Servo bergerak dengan putaran waktu 1200 mikrodetik selama 13,7 detik	Servo bergerak menutup pintu akrilik dengan rapat	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian, servo 1 dapat bekerja untuk mengeluarkan pakan ketika berat pakan masih kurang dari target dan tidak bergerak saat melebihi target berat pakan. Servo 2 dapat bekerja untuk membuka dan menutup pintu akrilik dengan rapat.

4.1.5. Data Pengujian RTC, LCD, dan Modul MicroSD

Tabel 17. Hasil Data Pengujian RTC, LCD, dan Modul MicroSD

No	Komponen	Acuan	Data yang Diuji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	RTC DS3231	Jam handphone	Tanggal dan waktu	Waktu terbaca	Berhasil
2	LCD 20x4 I2C	Serial Monitor	Tampilan status sistem	LCD menampilkan status sistem	Berhasil
3	Modul MicroSD	PC/Handphone	File LOG.CSV	Data berhasil tersimpan dalam file LOG.CSV	Berhasil

Format data yang tersimpan pada microSD adalah tanggal, waktu, berat awal, berat akhir, konsumsi sesi, total konsumsi, status pakan, frekuensi kehadiran, status kehadiran, dan tingkat nafsu makan. Data tersebut tersimpan dalam format CSV sehingga dapat dibuka menggunakan PC atau handphone.

4.1.6. Data Pengujian Logika Fuzzy

Berdasarkan hasil pengujian, logika fuzzy berhasil diterapkan dengan nilai yang sama dengan aturan fuzzy yang dibuat.

Tabel 18. Hasil Data Pengujian Logika Fuzzy Harian

Tanggal	Frekuensi Kehadiran Harian	Status Kehadiran	Total Konsumsi	Status Konsumsi	Nilai (z)	Hasil Fuzzy	Rule
11/7/2026	7	Sering	7,5 gram	Sedikit	50,0	Ideal	R7
12/7/2026	6	Sering	10,2 gram	Sedikit	50,0	Ideal	R7

4.1.7. Data Pengujian Real-Time

Pengujian tanggal 10 juli digunakan sebagai uji coba fungsi sistem dan tidak dimasukkan dalam rekap pengujian real-time utama. Pengujian utama dilakukan pada 11 dan 12 juli.

Tabel 19. Data Log Pengujian Real-Time

Tanggal	Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Konsumsi Pakan	Total Pakan	Status Pakan	Status Hadir	Status Hadir	Nilai	Nafsu Makan
10/7/26	21:29	30.0	29.9	0.2	0.2	Sedikit	0	Jarang	25.0	Rendah
10/7/26	21:35	28.7	28.2	0.5	0.7	Sedikit	1	Jarang	25.0	Rendah
10/7/26	21:58	26.7	26.4	0.3	1.0	Sedikit	2	Jarang	25.0	Rendah
11/7/26	01:56	28.2	27.1	1.0	1.0	Sedikit	1	Jarang	25.0	Rendah
11/7/26	08:37	24.7	25.3	0.0	1.0	Sedikit	2	Jarang	25.0	Rendah
11/7/26	10:13	24.6	23.9	0.8	1.8	Sedikit	3	Normal	25.0	Rendah
11/7/26	18:01	25.8	21.9	3.9	5.7	Sedikit	4	Normal	25.0	Rendah
11/7/26	18:34	30.9	29.8	1.1	6.8	Sedikit	5	Sering	50.0	Ideal
11/7/26	19:53	28.0	28.2	0.0	6.8	Sedikit	5	Sering	50.0	Ideal
11/7/26	20:51	28.4	27.7	0.7	7.5	Sedikit	6	Sering	50.0	Ideal
11/7/26	23:02	24.0	24.3	0.0	7.5	Sedikit	7	Sering	50.0	Ideal
12/7/26	00:13	24.8	25.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	25.0	Rendah
12/7/26	03:58	28.5	28.5	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	25.0	Rendah
12/7/26	04:03	27.5	27.4	0.1	0.1	Sedikit	2	Jarang	25.0	Rendah
12/7/26	04:27	26.5	26.7	0.0	0.1	Sedikit	2	Jarang	25.0	Rendah
12/7/26	12:52	29.0	29.1	0.0	0.1	Sedikit	3	Normal	25.0	Rendah
12/7/26	17:57	32.0	32.9	0.0	0.1	Sedikit	4	Normal	25.0	Rendah
12/7/26	18:02	30.7	30.6	0.1	0.2	Sedikit	4	Normal	25.0	Rendah

Tanggal	Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Konsumsi Pakan	Total Pakan	Status Pakan	Status Hadir	Status Hadir	Nilai	Nafsu Makan
12/7/26	20:01	29.5	25.1	4.4	4.6	Sedikit	5	Sering	50.0	Ideal
12/7/26	20:48	30.4	24.7	5.7	10.2	Sedikit	6	Sering	50.0	Ideal

Selama dua hari pengujian utama diperoleh 13 sesi pengamatan yang seluruhnya dinyatakan valid, terdiri atas 7 sesi pada 11 Juli dan 6 sesi pada 12 Juli 2026. Total konsumsi yang tercatat adalah 17,7 gram, yaitu 7,5 gram pada 11 Juli dan 10,2 gram pada 12 Juli. Sebanyak 7 sesi menampilkan konsumsi 0 gram. Nilai 0 gram tersebut menunjukkan bahwa kucing tidak makan atau bahwa sesi tidak valid. Kesalahan terjadi karena kucing terdeteksi saat pintu akrilik terbuka, tetapi tidak ada aktivitas makan dari kucing sehingga pakan tetap dan kehadiran tidak berubah.

Pengujian tanggal 11 Juli memiliki 7 sesi dan tanggal 12 Juli memiliki 6 sesi. Kedua nilai tersebut termasuk kategori sering. Konsumsi harian pada kedua hari masih termasuk kategori sedikit, sehingga aturan yang aktif adalah R7, yaitu kehadiran sering dan konsumsi sedikit. Kedua hari menghasilkan nilai defuzzifikasi 50,0 atau kategori nafsu makan ideal.

4.1.8 Data Pengujian Sisa Pakan

Tabel 20. Hasil Pengujian Sisa Pakan

Aspek	Hasil Pengujian	Status?Keterbatasan
Pembacaan berat akhir	Nilai berat akhir tercatat pada 17 sesi. Ditemukan 8 sesi konsumsi 0 gram, 7 sesi dengan berat akhir lebih tinggi dari berat awal, dan 15 dari 15 transisi yang tidak konsisten.	Fungsi pencatatan berjalan, tetapi kestabilan pembacaan belum memenuhi hasil yang diharapkan
Penutupan akses	Servo 2 menutup pintu akrilik setelah sesi selesai	Berhasil membatasi akses mekanik ke wadah.
Data akumulasi harian	Data konsumsi dan sisa pakan tetap ditampilkan atau disimpan sebelum pembersihan.	Berhasil sebagai informasi bagi pengguna
Pembersihan	Sisa pakan diperiksa dan dibersihkan setelah data harian muncul	Dilakukan secara manual

4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem otomatis yang dirancang dapat menjalankan fungsi utama untuk mendeteksi kehadiran kucing, membaca berat pakan, menggerakkan aktuator, menampilkan informasi pada LCD, dan menyimpan data pengujian ke microSD. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa sensor ultrasonik, load cell, servo, RTC, LCD, dan modul microSD dapat bekerja sesuai kebutuhan sistem.

Sensor ultrasonik digunakan sebagai pendeteksi kehadiran kucing pada area makan. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan jarak yang terbaca sensor dengan jarak acuan meteran. Rata-rata error yang diperoleh adalah 0,77%, sehingga sensor ultrasonik dapat dikatakan cukup stabil untuk mendeteksi objek pada batas jarak yang telah ditentukan. Pada sistem ini, sensor ultrasonik tidak digunakan untuk mengukur dimensi kucing, melainkan sebagai pemicu untuk mengetahui ada atau tidaknya kucing di area tempat makan.

Load cell dengan modul HX711 digunakan untuk membaca perubahan berat pakan. Rata-rata error load cell adalah 3,54%. Nilai error terbesar terjadi pada beban kecil, yaitu 6 gram, karena perubahan berat yang kecil lebih sensitif terhadap getaran, posisi wadah, dan proses tare. Namun pada rentang berat yang lebih besar, error cenderung lebih kecil, sehingga load cell masih dapat digunakan untuk membaca perubahan berat pakan dan menghitung konsumsi pakan harian.

Hasil pengujian servo menunjukkan bahwa servo 1 dapat digunakan untuk membuka dan menutup jalur keluaran pakan sampai berat pakan mencapai batas yang ditentukan. Pada salah satu kondisi, servo 1 sempat tersendat ketika pakan melebihi corong pakan. Setelah perintah gerak disesuaikan dengan sudut 0 derajat dan 180 derajat, servo dapat kembali mengeluarkan pakan. Servo 2 juga dapat membuka dan menutup pintu akrilik dengan menggunakan pengaturan waktu putaran, sehingga mekanisme akses kucing ke area makan dapat bekerja sesuai rancangan.

Hasil fuzzy memperlihatkan bahwa frekuensi kehadiran yang sering tidak secara otomatis menghasilkan kategori nafsu makan tinggi. Pengujian pada 11 Juli menghasilkan 7 sesi, sedangkan pengujian pada 12 Juli menghasilkan 6 sesi. Kedua nilai tersebut termasuk dalam kategori kehadiran sering. Konsumsi yang tercatat pada kedua hari masing-masing sebesar 7,5 gram dan 10,2 gram sehingga masih berada dalam kategori sedikit karena jauh di bawah rentang konsumsi cukup sebesar 90–100 gram. Berdasarkan aturan R7, kombinasi kehadiran sering dan konsumsi sedikit menghasilkan nilai defuzzifikasi sebesar 50,0 dengan kategori tingkat nafsu makan ideal.

Dari 13 sesi pengamatan, terdapat 7 sesi atau 53,85% yang menunjukkan konsumsi sebesar 0 gram. Nilai tersebut tidak menunjukkan kesalahan pembacaan load cell maupun sesi yang tidak valid. Kondisi ini terjadi ketika kucing terdeteksi saat pintu akrilik terbuka, tetapi tidak melakukan aktivitas makan. Akibatnya,

berat pakan tidak berkurang sehingga konsumsi yang tercatat sebesar 0 gram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kehadiran kucing di area makan tidak selalu disertai dengan aktivitas konsumsi pakan.

Kesalahan pembacaan load cell dianalisis secara terpisah berdasarkan dua kondisi. Kondisi pertama adalah berat akhir yang terbaca lebih tinggi daripada berat awal, meskipun tidak terdapat penambahan pakan selama sesi berlangsung. Kondisi kedua adalah berat awal suatu sesi yang tidak sesuai dengan berat akhir sesi sebelumnya. Perbandingan antarsesi tidak dilakukan apabila berat akhir sesi sebelumnya kurang dari 22,4 gram karena pada kondisi tersebut sistem melakukan pengisian pakan kembali menuju target berat awal 22,5 gram. Ketidaksesuaian tersebut menunjukkan bahwa pembacaan load cell masih dipengaruhi oleh kestabilan wadah, getaran mekanisme, perubahan posisi beban, atau proses tare yang belum stabil.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, istilah pengelolaan sisa pakan pada penelitian ini merujuk pada empat kegiatan, yaitu membaca berat akhir, mencatat nilai sisa pakan, menutup akses area makan, dan melakukan pembersihan manual apabila diperlukan. Sistem belum melakukan pengelolaan fisik berupa pemindahan atau pengembalian sisa pakan secara otomatis.

Pembacaan berat akhir merupakan bagian penting karena nilai tersebut menjadi dasar informasi sisa pakan dan perhitungan konsumsi. Akan tetapi, ketidakkonsistenan load cell menunjukkan bahwa informasi sisa pakan masih perlu diperlakukan sebagai data pemantauan awal. Nilai tersebut belum cukup untuk membuktikan jumlah sisa pakan secara presisi tanpa pengukuran pembandingan atau perbaikan kestabilan mekanik.

Penutupan pintu akrilik menggunakan servo 2 dapat dinyatakan berhasil sebagai fungsi pembatasan akses. Fungsi ini mencegah kucing kembali memasuki area makan setelah sesi selesai. Meskipun demikian, pintu akrilik hanya menutup area secara mekanik dan tidak membuktikan bahwa pakan terlindung sepenuhnya dari debu, kelembapan, semut, air liur, atau kontaminan lain. Oleh karena itu, pemeriksaan dan pembersihan oleh pengguna tetap diperlukan.

Dengan kondisi tersebut, sistem lebih tepat dinyatakan membantu pengelolaan sisa pakan melalui pemantauan, pencatatan, dan pembatasan akses. Keberhasilan pengelolaan otomatis secara penuh baru dapat dinyatakan apabila terdapat mekanisme yang dapat memindahkan atau membuang sisa pakan secara berulang dan teruji.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Sistem otomatis untuk pengukuran tingkat nafsu makan kucing dan pengelolaan sisa pakan telah berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno, sensor ultrasonik HC-SR04, load cell dengan modul HX711, RTC DS3231, modul microSD, LCD, dan motor servo MG996R. Sistem dapat mendeteksi kehadiran kucing, membaca berat pakan, menjalankan mekanisme pakan, menampilkan informasi, dan menyimpan data pengujian.

Hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki rata-rata error sebesar 0,77%, sedangkan load cell memiliki rata-rata error sebesar 3,54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua sensor dapat digunakan untuk mendukung pembacaan kehadiran kucing dan perubahan berat pakan pada sistem.

Pengelolaan sisa pakan yang berhasil diterapkan pada alat meliputi pencatatan berat akhir sebagai informasi sisa pakan, penutupan akses area makan menggunakan pintu akrilik dan servo 2, serta pembersihan manual apabila diperlukan setelah data akumulasi harian ditampilkan. Sistem belum melakukan pemindahan atau pengembalian sisa pakan secara otomatis. Hasil pembacaan berat akhir juga masih dipengaruhi ketidakstabilan load cell, sehingga fungsi ini lebih tepat digunakan sebagai pemantauan awal dan bantuan pengelolaan sisa pakan.

5.2. Saran

Pengujian real-time sebaiknya dilakukan dalam durasi yang lebih panjang, misalnya 7 sampai 14 hari atau lebih, agar pola kehadiran dan konsumsi pakan kucing dapat terlihat lebih stabil dan tidak hanya menjadi data pengamatan awal.

Kalibrasi load cell perlu dilakukan secara berkala, terutama pada pembacaan beban kecil, karena hasil pengujian menunjukkan error lebih besar pada berat rendah. Penempatan wadah pakan juga perlu dibuat lebih stabil agar getaran dan posisi beban tidak memengaruhi pembacaan.

Pengembangan selanjutnya perlu menambahkan mekanisme pemindahan atau pembuangan sisa pakan yang memiliki torsi dan konstruksi mekanik lebih stabil. Mekanisme tersebut harus diuji secara berulang menggunakan variasi berat sisa pakan sebelum dapat dinyatakan bekerja otomatis. Selama mekanisme fisik belum tersedia, sistem sebaiknya tetap dinyatakan sebagai alat bantu pemantauan dan pengelolaan sisa pakan, sedangkan pemeriksaan serta pembersihan dilakukan secara manual oleh pengguna.

Pada penelitian lanjutan, variabel eksternal seperti konsumsi snack, minum, waktu pemberian pakan tambahan, dan aktivitas kucing di luar area sistem perlu dicatat lebih rinci agar interpretasi tingkat nafsu makan menjadi lebih akurat.

Jika sistem digunakan untuk lebih dari satu kucing, perlu ditambahkan metode identifikasi individu, misalnya RFID atau kamera, agar data kehadiran dan konsumsi pakan dapat dibedakan untuk setiap kucing.

Daftar Pustaka

- [1] Zulkarnain, Andriana, and A. Rosyada, "Pembuatan Prototipe Alat Pemberian Pakan Kucing Otomatis Berbasis Arduino Nano Dan Terintegrasi Dengan Handphone Via SMS," *TIARSIE*, vol. 16, no. 2, pp. 59–64, 2019.
- [2] P. Deng, E. Iwazaki, S. A. Suchy, M. R. Pallotto, and K. S. Swanson, "Effects of feeding frequency and dietary water content on voluntary physical activity in healthy adult cats," *Journal of Animal Science*, vol. 92, no. 3, pp. 1271–1277, 2014, doi: 10.2527/jas.2013-7235.
- [3] A. Camara, A. Verbrugghe, C. Cargo-Froom, L. E. Robinson, and A. K. Shoveller, "The daytime feeding frequency affects appetite-regulating hormones, amino acids, physical activity, and respiratory quotient, but not energy expenditure, in adult cats fed regimens for 21 days," *PLOS ONE*, vol. 15, no. 9, p. e0238522, 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0238522.
- [4] E. Kane, J. G. Morris, and Q. R. Rogers, "Acceptability and digestibility by the cat of diets made with various sources and levels of fat," *Journal of Animal Science*, vol. 6, no. 53, pp. 1516–1523, 1981.
- [5] K. A. Houpt, "Feline behavior: eating and drinking," *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, vol. 1, no. 35, pp. 1–13, 2005.
- [6] A. M. Harahap, "Analisa Teknik Fuzzy Logic Mamdani Untuk Menentukan Perkiraan Cuaca," Tesis, Universitas Sumatera Utara, Indonesia, 2020.
- [7] T. Sadek, B. Hamper, and E. Sundahl, "Feline feeding programs: Addressing behavioural needs to improve feline health and wellbeing," *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 20, no. 11, pp. 1049–1055, 2018, doi: 10.1177/1098612X18791877.
- [8] M. Delgado and L. M. S. Dantas, "Feeding Cats for Optimal Mental and Behavioral Well-Being," *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, vol. 50, no. 5, pp. 939–953, 2020, doi: 10.1016/j.cvsm.2020.05.003.
- [9] C. Tobie, F. Péron, and C. Larose, "Assessing Food Preferences in Dogs and Cats: A Review of the Current Methods," *Animals*, vol. 5, no. 1, pp. 126–137, 2015, doi: 10.3390/ani5010126.
- [10] L. M. S. Dantas, I. R. Delgado, S. C. Johnson, and C. A. Buffington, "Food puzzles for cats: Feeding for physical and emotional wellbeing," *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 18, no. 9, pp. 723–732, 2016, doi: 10.1177/1098612X16643753.
- [11] J. Quimby, S. Gowland, and J. Westropp, "2021 AAHA/AAFP Feline Life Stage Guidelines," *Journal of Feline Medicine and Surgery*, vol. 23, no. 3, pp. 211–233, 2021, doi: 10.1177/1098612X18791877.

- [12] Hellosehat, "Jangan Asal Kasih, Ini Takaran Makan yang Tepat untuk Kucing Anda," Hellosehat. Accessed: Feb. 24, 2024. [Online]. Available: <https://hellosehat.com/sehat/informasi-kesehatan/takaran-makan-kucing/>
- [13] Bridge PetCare, "KitchenFlavor Grain Free Complete Food for Adult Cat (Mix Visible Real Meat Cubes)," Bridge PetCare. Accessed: Jul. 10, 2026. [Online]. Available: : https://www.bpetcare.com/our_products/kitchenflavor-grain-free-complete-food-for-adult-cat-mix-visible-real-meat-cubes/
- [14] D. P. Laflamme, "Understanding and Managing Obesity in Dogs and Cats," *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, vol. 42, no. 4, 2012.
- [15] National Research Council, *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
- [16] G. Morelli, D. Stefanutti, and R. Ricci, "A survey among dog and cat owners on pet food storage and preservation in the households," *Animals*, vol. 2, no. 11, p. 273, 2021.
- [17] T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-15, no. 1, pp. 116–132, 1985, doi: 10.1109/TSMC.1985.6313399.
- [18] A. Fauzi, "Penerapan smart environment berbasis internet of things dengan metode fuzzy logic," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia, 2020.
- [19] B. W. Dionova, M. N. Mohammed, S. Al-Zubaidi, and E. Yusuf, "Environment indoor air quality assessment using fuzzy inference system," *ICT Express* 6, pp. 185–194, 2020.
- [20] L. Louis, "WORKING PRINCIPLE OF ARDUINO AND USING IT AS A TOOL FOR STUDY AND RESEARCH," ", *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJACS)*, vol. 1, no. 2, pp. 21–29, 2016.
- [21] Dewaweb, "Pengertian Power Supply, Cara Kerja, Fungsi, dan Jenis-Jenisnya," Dewaweb. Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.dewaweb.com/blog/pengertian-power-supply/>
- [22] ArduinoIndonesia, "Pengertian dan Cara Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04," ArduinoIndonesia. Accessed: Feb. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/pengertian-dan-cara-kerja-sensor-ultrasonik-HC-SR04.html>
- [23] Nyebarilmu, "Tutorial Arduino mengakses modul RTC DS3231," Nyebarilmu. Accessed: Aug. 23, 2023. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-module-rtc-ds3231/>
- [24] Nyebarilmu, "Cara mengakses modul display LCD16x2," Nyebarilmu. [Online]. Available: <https://nyebarilmu.com/post/panduan-lengkap-mengakses-lcd-16x2-arduino>

Biodata



Nama : Af Alul Haq Bimasada
TTL : Batam, 24 April 2001
Agama : Islam
Alamat : Bida Ayu Blok H.119, Kel. Mangsang,
Kec. Sei Beduk, Kota Batam
Email : Afalulbima@gmail.com
Riwayat Pendidikan :
SMA/SMK : SMAN 16 BATAM
SMP : SMPN 2 CEPIRING
SMPN 40 BATAM

Lampiran

Lampiran A Program Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <HX711_ADC.h>
#include <Servo.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <avr/wdt.h>

// =====
// PROGRAM PAKAN KUCING - VERSI STABIL UNTUK SERVO 360
// Tahapan sistem:
// US2 deteksi kucing -> Servo2 bergerak -> timbang
// -> isi pakan jika kurang -> US1 deteksi kucing/makan sekaligus mencatat
kehadiran
// -> timbang akhir
// -> hitung konsumsi -> fuzzy -> tampil LCD -> simpan SD
// =====

// ===== PIN =====
const byte TRIG_1 = 5; // Ultrasonik 1 area makan
const byte ECHO_1 = 4;
const byte TRIG_2 = 7; // Ultrasonik 2 kehadiran awal
const byte ECHO_2 = 6;

const byte SERVO_1_PIN = 9; // Servo pakan
const byte SERVO_2_PIN = 8; // Servo tempat makan / pintu

const byte HX711_DOUT = 2;
const byte HX711_SCK = 3;

const byte SD_CS = 10;

// ===== OBJEK =====
Servo servo1;
Servo servo2;

HX711_ADC LoadCell(HX711_DOUT, HX711_SCK);
```

```

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// ===== SETTING SENSOR & SISTEM =====
const float CALIBRATION_VALUE = -612.0; // sesuaikan dengan hasil kalibrasi
load cell kamu

const int JARAK_DETEKSI_US1 = 35;
const int JARAK_DETEKSI_US2 = 85;
const float TARGET_PAKAN = 22.5; // target berat awal pakan 22.5 gram
const float TOLERANSI_PAKAN = 0.1; // toleransi target: 22.5 gram +/- 0.1
gram

// ===== SETTING SERVO 360 =====
// Servo 360 tidak memakai sudut posisi.
// 1500 us = stop, lebih besar = satu arah, lebih kecil = arah sebaliknya.
// Jika servo masih bergerak pelan saat stop, ubah SERVO_STOP_US menjadi
1480-1520.
const int SERVO_STOP_US = 1500;

// Arah dan kecepatan servo. Sesuaikan jika arah mekanik terbalik.
const int SERVO1_ISI_US = 0; // servo 1 berputar untuk mengeluarkan pakan
const int SERVO1_BALIK_US = 180;
const int SERVO2_BUKA_US = 1800; // servo 2 membuka / bergerak ke arah
lawan
const int SERVO2_TUTUP_US = 1200; // servo 2 kembali / menutup

// Durasi gerakan servo. Sesuaikan dengan mekanik alat.
const unsigned long DURASI_SERVO1_ISI_MS = 700;
const unsigned long DURASI_SERVO1_BALIK_MS = 700;
const unsigned long JEDA_SERVO1_ISI_MS = 800;

const unsigned long DETEKSI_AWAL_MS = 2000; // US2 harus mendeteksi
stabil selama 2 detik
const unsigned long GERAK_SERVO2_BUKA_MS = 17700;
const unsigned long GERAK_SERVO2_TUTUP_MS = 17700;
const unsigned long COOLDOWN_US2_MS = 300000; // 5 menit
const unsigned long BATAS_TUNGGU_US1_MS = 60000; // pengaman jika
US1 tidak mendeteksi objek setelah servo2 terbuka
const unsigned long TIDAK_TERDETEKSI_MS = 10000;
const unsigned long LCD_INTERVAL_MS = 1000;

```

```

// Pengaman agar servo 1 tidak terus mengisi pakan jika load cell bermasalah
const unsigned long BATAS_ISI_PAKAN_MS = 60000;

// ===== DATA HARIAN =====
int hariSekarang = -1;
float totalKonsumsiHarian = 0;
int frekuensiKehadiran = 0;

// Data hari sebelumnya untuk ditampilkan pada LCD saat cooldown.
float totalKonsumsiKemarin = 0;
int frekuensiKemarin = 0;
float nilaiDefuzzifikasiKemarin = 0;
bool adaDataKemarin = false;
char nafsuMakanKemarin[10] = "Belum Ada";

unsigned long mulaiDeteksiUS2 = 0;
unsigned long lastDeteksiUS2 = 0;
unsigned long lastLCDUpdate = 0;

bool sdReady = false;
bool rtcReady = false;

const char LOG_FILE[] = "LOG.CSV";

// =====
// SETUP
// =====
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(TRIG_1, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_1, INPUT);
  pinMode(TRIG_2, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_2, INPUT);

  servo1.attach(SERVO_1_PIN);
  servo2.attach(SERVO_2_PIN);

  // Servo 360 wajib distop saat awal menyala
  pinMode(SERVO_1_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(SERVO_1_PIN, LOW);

```

```

matikanServo1();
stopServo2();

lcd.init();
lcd.backlight();
tampil4Baris(F("Sistem Mulai"), F("Inisialisasi..."), F(""), F(""));

if (rtc.begin()) {
    rtcReady = true;
    if (rtc.lostPower()) {
        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }
} else {
    rtcReady = false;
    tampil4Baris(F("RTC ERROR"), F("Cek DS3231"), F("Sistem lanjut"), F("tanpa
RTC"));
    delay(1500);
}

LoadCell.begin();
LoadCell.start(2000, true);
LoadCell.setCalFactor(CALIBRATION_VALUE);

if (SD.begin(SD_CS)) {
    sdReady = true;
    buatHeaderSD();
} else {
    sdReady = false;
    tampil4Baris(F("SD Card ERROR"), F("Cek modul SD"), F("Sistem tetap"),
F("berjalan"));
    delay(2000);
}

if (rtcReady) {
    DateTime now = rtc.now();
    hariSekarang = now.day();
}

// Watchdog diaktifkan setelah inisialisasi selesai.
// Jika program hang, Arduino akan reset otomatis.
wdt_enable(WDTO_8S);

```

```

    tampil4Baris(F("Sistem Siap"), F("US2 menunggu"), F("kucing datang"), F(""));
}

// =====
// LOOP
// =====
void loop() {
    wdt_reset();
    cekGantiHari();

    // Perbaikan dari program awal:
    // cooldown hanya aktif setelah pernah ada deteksi, bukan langsung saat alat
    baru dinyalakan.
    if (lastDeteksiUS2 > 0 && millis() - lastDeteksiUS2 < COOLDOWN_US2_MS) {
        if (millis() - lastLCDUpdate >= LCD_INTERVAL_MS) {
            tampilHasilHariSebelumnya();
            lastLCDUpdate = millis();
        }
        delayAman(100);
        return;
    }

    float jarak2 = bacaJarak(TRIG_2, ECHO_2);

    if (jarak2 < JARAK_DETEKSI_US2) {
        if (mulaiDeteksiUS2 == 0) {
            mulaiDeteksiUS2 = millis();
        }

        if (millis() - mulaiDeteksiUS2 >= DETEKSI_AWAL_MS) {
            prosesSesiMakan();
            mulaiDeteksiUS2 = 0;
            lastLCDUpdate = 0;
        }
        else {
            mulaiDeteksiUS2 = 0;
        }

        if (millis() - lastLCDUpdate >= LCD_INTERVAL_MS) {
            tampilMenungguKucing(jarak2);
            lastLCDUpdate = millis();
        }
    }
}

```



```

    delayAman(100);
}

// =====
// PROSES UTAMA
// =====
void prosesSesiMakan() {
    wdt_reset();

    lastDeteksiUS2 = millis();

    clearLCD();
    printRow(0, F("Kucing Terdeteksi"));
    clearRow(1);
    lcd.print(F("Pemicu: US2"));
    printRow(2, F("Servo2 bergerak"));
    printRow(3, F(""));

    gerakServo2Buka();

    // Berat awal sesi selalu dibaca langsung dari load cell saat sesi dimulai.
    // Data berat akhir sesi sebelumnya tidak lagi dipakai sebagai acuan
    pengisian.
    // Tidak ada jeda tetap 3 detik; servo 1 baru boleh bergerak setelah
    pembacaan berat selesai.
    float sisaAwalSesi = bacaBeratRataRata();

    clearLCD();
    printRow(0, F("Sisa Awal Sesi"));
    clearRow(1);
    lcd.print(sisaAwalSesi, 1);
    lcd.print(F(" gram"));
    clearRow(2);
    lcd.print(F("Target: "));
    lcd.print(TARGET_PAKAN, 1);
    lcd.print(F(" g"));
    printRow(3, F("Cek target 22.5g"));
    delayAman(1500);

    if (sisaAwalSesi < TARGET_PAKAN - TOLERANSI_PAKAN) {
        clearLCD();
    }
}

```

```

    printRow(0, F("Pakan < 22.4g"));
    printRow(1, F("Mengisi pakan..."));
    clearRow(2);
    lcd.print(F("Sisa: "));
    lcd.print(sisaAwalSesi, 1);
    lcd.print(F(" g"));
    printRow(3, F(""));

    isiPakanSampaiTarget();
}

float beratAwal = bacaBeratRataRata();

clearLCD();
printRow(0, F("Berat Awal Makan"));
clearRow(1);
lcd.print(beratAwal, 1);
lcd.print(F(" gram"));
clearRow(2);
lcd.print(F("Sisa sblm: "));
lcd.print(sisaAwalSesi, 1);
lcd.print(F("g"));
printRow(3, F("US1 mulai deteksi"));

tungguKucingMakan();

tampil4Baris(F("Kucing Selesai"), F("Servo2 kembali"), F(""), F(""));
gerakServo2Tutup();

float beratAkhir = bacaBeratRataRata();
float konsumsi = beratAwal - beratAkhir;

if (konsumsi < 0) konsumsi = 0;

totalKonsumsiHarian += konsumsi;

const char* statusKonsumsi = statusPakan(totalKonsumsiHarian);
const char* statusHadir = statusKehadiran(frekuensiKehadiran);
float nilaiDefuzzifikasi = hitungDefuzzifikasi(frekuensiKehadiran,
totalKonsumsiHarian);
const char* nafsu = kategoriNafsuMakan(nilaiDefuzzifikasi);

```

```

        simpanSD(beratAwal, beratAkhir, konsumsi, statusKonsumsi, statusHadir,
        nilaiDefuzzifikasi, nafsu);

```

```

        clearLCD();
        printRow(0, F("Sisa Pakan:"));
        clearRow(1);
        lcd.print(beratAkhir, 1);
        lcd.print(F(" gram"));
        printRow(2, F("Dikonsumsi:"));
        clearRow(3);
        lcd.print(totalKonsumsiHarian, 1);
        lcd.print(F(" g"));
        delayAman(3000);

```

```

        clearLCD();
        printRow(0, F("Status Konsumsi:"));
        printRow(1, statusKonsumsi);
        printRow(2, F("Kehadiran:"));
        printRow(3, statusHadir);
        delayAman(3000);

```

```

        clearLCD();
        clearRow(0);
        lcd.print(F("Nafsu: "));
        lcd.print(nafsu);
        clearRow(1);
        lcd.print(F("Defuzzy: "));
        lcd.print(nilaiDefuzzifikasi, 1);
        clearRow(2);
        lcd.print(F("Hadir: "));
        lcd.print(frekuensiKehadiran);
        lcd.print(F(" kali"));
        clearRow(3);
        lcd.print(F("Konsumsi: "));
        lcd.print(totalKonsumsiHarian, 1);
        lcd.print(F("g"));
        delayAman(3000);
    }

```

```

// =====
// SERVO 360
// =====

```

```

void aktifkanServo1() {
    if (!servo1.attached()) {
        servo1.attach(SERVO_1_PIN);
        delayAman(200);
    }
}

void matikanServo1() {
    servo1.write(SERVO1_BALIK_US);
    delayAman(300);
    servo1.detach();
    digitalWrite(SERVO_1_PIN, LOW);
}

void stopServo2() {
    servo2.writeMicroseconds(SERVO_STOP_US);
}

void gerakServo2Buka() {
    servo2.writeMicroseconds(SERVO2_BUKA_US);
    delayAman(GERAK_SERVO2_BUKA_MS);
    stopServo2();
    delayAman(200);
}

void gerakServo2Tutup() {
    servo2.writeMicroseconds(SERVO2_TUTUP_US);
    delayAman(GERAK_SERVO2_TUTUP_MS);
    stopServo2();
    delayAman(200);
}

// =====
// SERVO 1 ISI PAKAN
// =====
void isiPakanSampaiTarget() {
    unsigned long mulailsi = millis();

    while (bacaBeratRataRata() < TARGET_PAKAN - TOLERANSI_PAKAN) {
        wdt_reset();

        aktifkanServo1();
    }
}

```

```

// Putar arah utama untuk mengeluarkan pakan
servo1.write(SERVO1_ISI_US);
delayAman(DURASI_SERVO1_ISI_MS);

delayAman(JEDA_SERVO1_ISI_MS);

// Putar arah berlawanan supaya pakan tidak macet
servo1.write(SERVO1_BALIK_US);
delayAman(DURASI_SERVO1_BALIK_MS);

matikanServo1();
delayAman(JEDA_SERVO1_ISI_MS);

float berat = bacaBeratRataRata();

clearLCD();
printRow(0, F("Mengisi Pakan"));
printRow(1, F("Target:22.5+/-0.1g"));
clearRow(2);
lcd.print(F("Berat: "));
lcd.print(berat, 1);
lcd.print(F(" g"));
printRow(3, F(""));

if (millis() - mulailsi > BATAS_ISI_PAKAN_MS) {
    break; // pengaman agar servo tidak terus jalan
}
}

matikanServo1();
}

// =====
// SENSOR US1 SAAT MAKAN
// =====
void tungguKucingMakan() {
    bool pernahTerdeteksi = false;
    unsigned long lastTerdeteksi = 0;
    unsigned long mulaiTunggu = millis();
    unsigned long lastLCDMakan = 0;

    // Pada versi ini tidak ada lagi jeda tetap 5 menit.

```

// Servo 2 tetap berada pada kondisi setelah dibuka selama US1 masih mendeteksi objek/kucing.

// Jika objek/kucing sudah tidak terdeteksi selama TIDAK_TERDETEKSI_MS, sesi makan selesai.

```
while (true) {  
    wdt_reset();
```

```
float jarak1 = bacaJarak(TRIG_1, ECHO_1);  
bool objekTerdeteksiUS1 = (jarak1 < JARAK_DETEKSI_US1);
```

```
if (objekTerdeteksiUS1) {  
    // Kehadiran hanya dicatat satu kali, tepat saat US1 pertama kali  
    // mendeteksi kucing di area makan pada sesi ini.  
    if (!pernahTerdeteksi) {  
        frekuensiKehadiran++;  
    }  
}
```

```
pernahTerdeteksi = true;  
lastTerdeteksi = millis();
```

```
if (millis() - lastLCDMakan >= LCD_INTERVAL_MS) {  
    clearLCD();  
    printRow(0, F("Kucing/Objek Ada"));  
    printRow(1, F("Servo2 tetap buka"));  
    clearRow(2);  
    lcd.print(F("Jarak US1: "));  
    lcd.print(jarak1, 1);  
    lcd.print(F(" cm"));  
    printRow(3, F("Menunggu selesai"));  
    lastLCDMakan = millis();  
}
```

```
} else {  
    if (millis() - lastLCDMakan >= LCD_INTERVAL_MS) {  
        clearLCD();  
        printRow(0, F("US1 tdk deteksi"));  
        printRow(1, F("Cek objek pergi"));  
        clearRow(2);  
        lcd.print(F("Jarak US1: "));  
        if (jarak1 >= 900) {  
            lcd.print(F("----"));  
        } else {  
            lcd.print(jarak1, 1);
```

```

    }
    lcd.print(F(" cm"));
    printRow(3, F(""));
    lastLCDMakan = millis();
  }
}

// Jika kucing/objek sudah pernah terdeteksi, sesi selesai saat US1 tidak mendeteksi
// selama 10 detik. Setelah itu servo2 akan ditutup di prosesSesiMakan().
if (pernahTerdeteksi && !objekTerdeteksiUS1 && millis() - lastTerdeteksi >=
TIDAK_TERDETEKSI_MS) {
  break;
}

// Pengaman: jika servo2 sudah terbuka tetapi US1 tidak pernah mendeteksi
objek/kucing,
// sistem tidak menunggu terus-menerus.
if (!pernahTerdeteksi && millis() - mulaiTunggu >
BATAS_TUNGGU_US1_MS) {
  break;
}

delayAman(300);
}
}

// =====
// SENSOR
// =====
float bacaJarak(byte trigPin, byte echoPin) {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  long durasi = pulseIn(echoPin, HIGH, 30000);

  if (durasi == 0) return 999;

```

```

float jarak = durasi * 0.034 / 2.0;
return jarak;
}

float bacaBeratRataRata() {
    float total = 0;
    int jumlah = 0;
    unsigned long mulai = millis();

    while (jumlah < 10 && millis() - mulai < 2000) {
        wdt_reset();
        if (LoadCell.update()) {
            float berat = LoadCell.getData();
            total += berat;
            jumlah++;
        }
    }

    if (jumlah == 0) {
        float data = LoadCell.getData();
        if (data < 0) data = 0;
        return data;
    }

    float hasil = total / jumlah;
    if (hasil < 0) hasil = 0;
    return hasil;
}

// =====
// STATUS
// =====
const char* statusPakan(float konsumsi) {
    // Status pakan berdasarkan total konsumsi harian:
    // Sedikit : < 90 gram
    // Cukup : 90 - 100 gram
    // Banyak : > 100 gram
    if (konsumsi < 90) return "Sedikit";
    else if (konsumsi <= 100) return "Cukup";
    else return "Banyak";
}

```



```

const char* statusKehadiran(int frekuensi) {
    // Status kehadiran berdasarkan jumlah kedatangan kucing per hari:
    // Jarang : < 3 kali
    // Normal : 3 - 4 kali
    // Sering : > 4 kali
    if (frekuensi < 3) return "Jarang";
    else if (frekuensi <= 4) return "Normal";
    else return "Sering";
}

// =====
// FUZZY
// =====
float leftShoulder(float x, float a, float b) {
    if (x <= a) return 1;
    if (x >= b) return 0;
    return (b - x) / (b - a);
}

float rightShoulder(float x, float a, float b) {
    if (x <= a) return 0;
    if (x >= b) return 1;
    return (x - a) / (b - a);
}

float trapezoid(float x, float a, float b, float c, float d) {
    if (x <= a || x >= d) return 0;
    if (x >= b && x <= c) return 1;
    if (x > a && x < b) return (x - a) / (b - a);
    return (d - x) / (d - c);
}

float hitungDefuzzifikasi(float hadir, float konsumsi) {
    // Input 1: Frekuensi kehadiran
    // Jarang : < 3 kali
    // Normal : 3 - 4 kali
    // Sering : > 4 kali
    float jarang = leftShoulder(hadir, 2, 3);
    float normal = trapezoid(hadir, 2, 3, 4, 5);
    float sering = rightShoulder(hadir, 4, 5);

    // Input 2: Total konsumsi pakan harian

```

```

// Kategori tegas: Sedikit < 90 g, Cukup 90-100 g, Banyak > 100 g.
// Daerah 80-90 g dan 100-110 g digunakan sebagai transisi fuzzy.
float sedikit = leftShoulder(konsumsi, 80, 90);
float cukup = trapezoid(konsumsi, 80, 90, 100, 110);
float banyak = rightShoulder(konsumsi, 100, 110);

float rendah = 0;
float ideal = 0;
float tinggi = 0;

// Rule fuzzy menggunakan operator AND minimum dan agregasi maksimum.
rendah = max(rendah, min(jarang, sedikit));
rendah = max(rendah, min(jarang, cukup));
ideal = max(ideal, min(jarang, banyak));

rendah = max(rendah, min(normal, sedikit));
ideal = max(ideal, min(normal, cukup));
tinggi = max(tinggi, min(normal, banyak));

ideal = max(ideal, min(sering, sedikit));
tinggi = max(tinggi, min(sering, cukup));
tinggi = max(tinggi, min(sering, banyak));

float total = rendah + ideal + tinggi;

// Jika tidak ada rule aktif, gunakan konstanta output rendah.
if (total <= 0) return 25.0;

// Defuzzifikasi Sugeno orde nol dengan rata-rata berbobot.
return ((rendah * 25.0) + (ideal * 50.0) + (tinggi * 75.0)) / total;
}

const char* kategoriNafsuMakan(float nilai) {
    if (nilai < 40) return "Rendah";
    else if (nilai < 60) return "Ideal";
    else return "Tinggi";
}

const char* fuzzyNafsuMakan(float hadir, float konsumsi) {
    return kategoriNafsuMakan(hitungDefuzzifikasi(hadir, konsumsi));
}

// =====

```

```

// SD CARD
// =====
void buatHeaderSD() {
    if (!SD.exists(LOG_FILE)) {
        File file = SD.open(LOG_FILE, FILE_WRITE);
        if (file) {
            file.println(F("Tanggal,Waktu,Berat Awal,Berat Akhir,Konsumsi Sesi>Total
Konsumsi,Status      Pakan,Frekuensi      Kehadiran,Status      Kehadiran,Nilai
Defuzzifikasi,Nafsu Makan"));
            file.close();
        }
    }
}

void simpanSD(float beratAwal, float beratAkhir, float konsumsi,
              const char* statusKonsumsi, const char* statusHadir,
              float nilaiDefuzzifikasi, const char* nafsu) {
    if (!sdReady) return;

    File file = SD.open(LOG_FILE, FILE_WRITE);

    if (file) {
        if (rtcReady) {
            DateTime now = rtc.now();

            file.print(now.day());
            file.print('/');
            file.print(now.month());
            file.print('/');
            file.print(now.year());
            file.print(',');

            file.print(now.hour());
            file.print(':');
            file.print(now.minute());
            file.print(':');
            file.print(now.second());
            file.print(',');
        } else {
            file.print(F("RTC_ERROR,RTC_ERROR,"));
        }
    }
}

```

```

        file.print(beratAwal, 1);
        file.print(',');
        file.print(beratAkhir, 1);
        file.print(',');
        file.print(konsumsi, 1);
        file.print(',');
        file.print(totalKonsumsiHarian, 1);
        file.print(',');
        file.print(statusKonsumsi);
        file.print(',');
        file.print(frekuensiKehadiran);
        file.print(',');
        file.print(statusHadir);
        file.print(',');
        file.print(nilaiDefuzzifikasi, 1);
        file.print(',');
        file.println(nafsu);

        file.close();
    }
}

// =====
// RESET HARIAN
// =====
void cekGantiHari() {
    if (!rtcReady) return;

    DateTime now = rtc.now();

    if (hariSekarang == -1) {
        hariSekarang = now.day();
    }

    if (now.day() != hariSekarang) {
        // Simpan akumulasi dan hasil fuzzy hari yang baru saja selesai.
        totalKonsumsiKemarin = totalKonsumsiHarian;
        frekuensiKemarin = frekuensiKehadiran;
        nilaiDefuzzifikasiKemarin = hitungDefuzzifikasi(frekuensiKehadiran,
totalKonsumsiHarian);
        adaDataKemarin = true;
        strncpy(nafsuMakanKemarin,

```

```

        kategoriNafsuMakan(nilaiDefuzzifikasiKemarin),
        sizeof(nafsuMakanKemarin) - 1);
    nafsuMakanKemarin[sizeof(nafsuMakanKemarin) - 1] = '\0';

    totalKonsumsiHarian = 0;
    frekuensiKehadiran = 0;
    hariSekarang = now.day();
}
}

// =====
// LCD
// =====
void clearRow(byte row) {
    lcd.setCursor(0, row);
    for (byte i = 0; i < 20; i++) {
        lcd.print(' ');
    }
    lcd.setCursor(0, row);
}

void clearLCD() {
    for (byte i = 0; i < 4; i++) {
        clearRow(i);
    }
}

void printRow(byte row, const __FlashStringHelper* text) {
    clearRow(row);
    lcd.print(text);
}

void printRow(byte row, const char* text) {
    clearRow(row);
    lcd.print(text);
}

void tampil4Baris(const __FlashStringHelper* baris1,
                  const __FlashStringHelper* baris2,
                  const __FlashStringHelper* baris3,
                  const __FlashStringHelper* baris4) {
    clearLCD();

```

```

    printRow(0, baris1);
    printRow(1, baris2);
    printRow(2, baris3);
    printRow(3, baris4);
}

void tampilMenungguKucing(float jarak2) {
    clearLCD();
    printRow(0, F("Menunggu Kucing"));
    printRow(1, F("US2 aktif"));
    clearRow(2);
    lcd.print(F("Jarak: "));
    if (jarak2 >= 900) {
        lcd.print(F("----"));
    } else {
        lcd.print(jarak2, 1);
    }
    lcd.print(F(" cm"));
    printRow(3, F(""));
}

void tampilHasilHariSebelumnya() {
    clearLCD();
    printRow(0, F("Hasil Hari Sebelum"));

    clearRow(1);
    lcd.print(F("Nafsu: "));
    lcd.print(nafsuMakanKemarin);

    clearRow(2);
    lcd.print(F("Nilai: "));
    if (adaDataKemarin) {
        lcd.print(nilaiDefuzzifikasiKemarin, 1);
    } else {
        lcd.print(F("--"));
    }

    clearRow(3);
    lcd.print(F("H:"));
    lcd.print(frekuensiKemarin);
    lcd.print(F(" K:"));
    lcd.print(totalKonsumsiKemarin, 1);
}

```

```

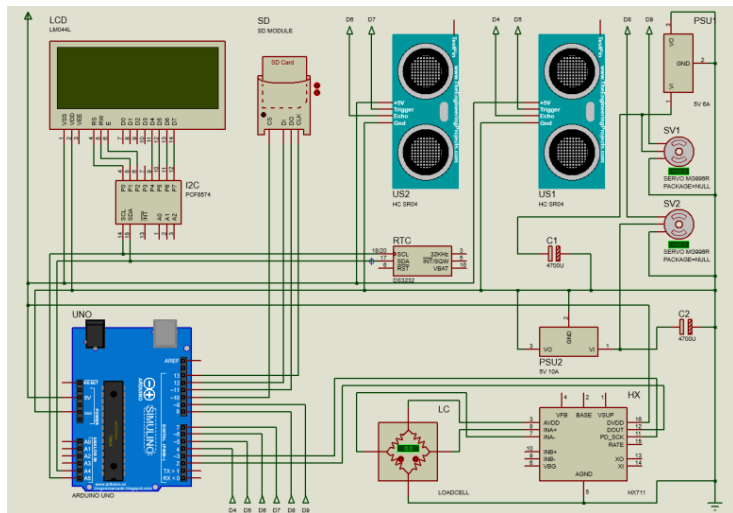
    lcd.print(F("g"));
}

// =====
// DELAY AMAN UNTUK WATCHDOG
// =====

void delayAman(unsigned long durasi) {
    unsigned long mulai = millis();
    while (millis() - mulai < durasi) {
        wdt_reset();
        delay(50);
    }
}

```

Lampiran B Skema Rangkaian



Gambar 19. Lampiran Skema Rangkaian dan Pin Komponen

Lampiran C Dokumentasi Alat



Gambar 20. Alat Tampak Depan



Gambar 21. Alat Tampak Samping



Gambar 22. Alat Tampak Atas



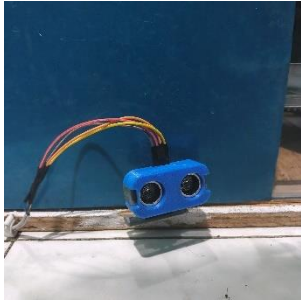
Gambar 23. Tangki Corong Pakan



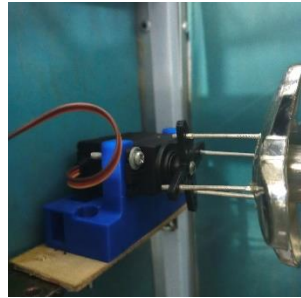
Gambar 24. Mangkok Makan dan Posisi Load Cell



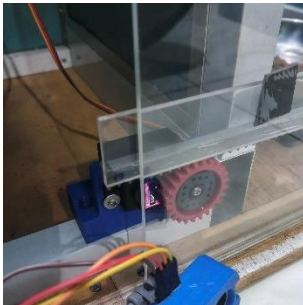
Gambar 25. Posisi Sensor Ultrasonik 1



Gambar 26. Posisi Sensor Ultrasonik 2



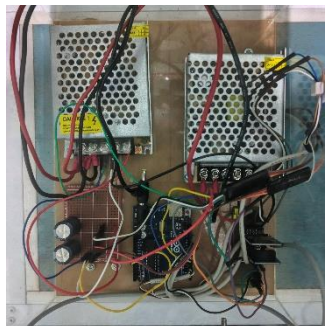
Gambar 27. Posisi Servo 1



Gambar 28. Posisi Servo 2



Gambar 29. Posisi LCD 20x4



Gambar 30. Rangkaian Kontrol

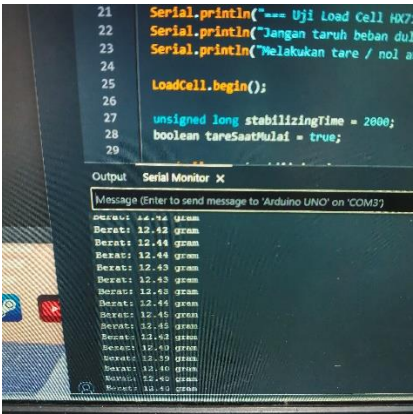
Lampiran D Data Kalibrasi Load Cell



Gambar 31. Berat Sebenarnya Dari Timbangan Digital



Gambar 32. Membaca Berat Pakan Pada Load Cell



Gambar 33. Hasil Kalibrasi yang Terbaca Oleh Load Cell

Lampiran E Data Log Pengujian Real-Time Sebelum Perubahan

Tanggal	Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Konsu msi Sesi	Total Konsu msi	Status Pakan	Freku ensi Kehad iran	Status Kehadir an	Nafsu Makan
02/07/2026	13:31:31	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah

02/07/2026	15:38:37	20.3	20.0	0.4	0.4	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	15:52:43	19.7	19.6	0.1	0.4	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	16:05:38	19.2	19.2	0.0	0.4	Sedikit	3	Normal	Rendah
02/07/2026	16:20:45	19.0	19.1	0.0	0.4	Sedikit	4	Normal	Rendah
02/07/2026	16:37:13	14.3	10.2	4.1	4.5	Sedikit	5	Sering	Sedang
02/07/2026	16:52:10	5.5	4.4	1.1	5.6	Sedikit	6	Sering	Sedang
02/07/2026	17:11:16	4.5	3.1	1.4	7.0	Sedikit	7	Sering	Sedang
02/07/2026	17:55:11	0.3	0.4	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	17:58:17	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	18:02:07	4.9	5.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	18:13:24	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	18:32:47	14.0	2.1	11.9	11.9	Sedikit	3	Jarang	Rendah
02/07/2026	18:43:27	0.0	0.0	0.0	11.9	Sedikit	4	Normal	Rendah
02/07/2026	18:49:45	8.7	8.7	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	19:55:22	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:07:00	0.1	0.1	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:18:03	0.6	0.6	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:20:35	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:24:23	0.1	0.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:27:16	0.1	0.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:33:45	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:37:01	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	20:48:20	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	21:27:45	2.6	2.5	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	21:31:58	0.4	0.5	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	21:54:18	5.4	5.4	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	22:24:12	4.8	5.9	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	22:36:44	8.1	8.1	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	22:42:06	0.1	0.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
02/07/2026	22:47:15	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah

02/07/2026	23:24:15	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
02/07/2026	23:35:33	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	01:44:34	7.1	7.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	02:08:26	7.1	6.9	0.2	0.2	Sedikit	2	Jarang	Rendah
03/07/2026	02:39:04	6.6	6.5	0.2	0.4	Sedikit	3	Jarang	Rendah
03/07/2026	04:39:39	6.2	6.7	0.0	0.4	Sedikit	4	Normal	Rendah
03/07/2026	05:48:54	7.8	7.8	0.0	0.4	Sedikit	5	Normal	Rendah
03/07/2026	06:34:31	7.8	7.6	0.2	0.6	Sedikit	6	Normal	Rendah
03/07/2026	11:38:07	2.6	2.5	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	13:12:34	5.8	7.9	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	13:14:58	13.1	14.0	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
03/07/2026	13:38:02	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	13:46:16	1.8	1.6	0.2	0.2	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	13:55:44	0.3	0.1	0.2	0.2	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	14:00:53	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	14:14:59	12.3	0.0	12.3	12.3	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	14:33:15	6.9	7.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	19:18:32	7.8	7.8	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	20:04:23	8.2	8.2	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
03/07/2026	20:22:40	8.2	8.1	0.1	0.1	Sedikit	3	Jarang	Rendah
03/07/2026	20:27:22	0.1	0.1	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	20:30:39	0.1	0.2	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	21:38:43	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
03/07/2026	22:06:37	5.4	5.3	0.1	0.1	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	22:43:02	16.1	15.9	0.2	0.2	Sedikit	1	Jarang	Rendah
03/07/2026	22:48:41	18.2	18.1	0.2	0.4	Sedikit	2	Jarang	Rendah
03/07/2026	22:54:07	15.6	12.5	3.1	3.5	Sedikit	3	Normal	Rendah
03/07/2026	22:58:40	46.1	45.7	0.4	3.9	Sedikit	4	Normal	Rendah
03/07/2026	23:04:23	46.0	46.1	0.0	3.9	Sedikit	5	Normal	Rendah
04/07/2026	01:25:44	26.3	24.2	2.0	2.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah

04/07/2026	02:08:36	20.6	20.7	0.0	2.0	Sedikit	2	Jarang	Rendah
04/07/2026	02:14:24	19.1	18.7	0.5	2.5	Sedikit	3	Normal	Rendah
04/07/2026	02:19:27	18.6	18.3	0.3	2.7	Sedikit	4	Normal	Rendah
04/07/2026	02:41:19	21.2	21.5	0.0	2.7	Sedikit	5	Normal	Rendah
04/07/2026	03:22:30	21.1	18.5	2.6	5.4	Sedikit	6	Sering	Sedang
04/07/2026	05:52:36	13.9	14.1	0.0	5.4	Sedikit	7	Sering	Sedang
04/07/2026	06:37:55	15.8	14.9	0.9	6.3	Sedikit	8	Sering	Sedang
04/07/2026	07:25:44	23.9	22.5	1.4	7.7	Sedikit	9	Sering	Sedang
04/07/2026	07:52:41	15.5	15.4	0.1	7.7	Sedikit	10	Sering	Sedang
04/07/2026	10:32:24	17.0	19.2	0.0	7.7	Sedikit	11	Sering	Sedang
04/07/2026	13:21:22	16.6	25.5	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	13:23:41	0.3	0.0	0.3	0.3	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	13:30:44	5.1	0.3	4.8	4.8	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	13:46:59	0.0	0.0	0.0	0.0	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	14:11:03	3.2	3.1	0.2	0.2	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	14:17:00	2.2	2.8	0.0	0.2	Sedikit	2	Jarang	Rendah
04/07/2026	14:23:25	2.7	3.2	0.0	0.2	Sedikit	3	Normal	Rendah
04/07/2026	15:28:13	4.3	3.9	0.4	0.4	Sedikit	1	Jarang	Rendah
04/07/2026	18:39:41	28.3	26.1	2.2	2.6	Sedikit	2	Jarang	Rendah
04/07/2026	19:33:24	22.3	21.6	0.7	3.3	Sedikit	3	Normal	Rendah
04/07/2026	19:46:55	22.9	20.6	2.3	5.6	Sedikit	4	Normal	Rendah
04/07/2026	22:08:56	16.2	15.2	1.0	6.7	Sedikit	5	Normal	Rendah
04/07/2026	22:17:59	16.5	15.0	1.5	8.2	Sedikit	6	Sering	Sedang
04/07/2026	23:58:14	15.0	13.8	1.2	9.4	Sedikit	7	Sering	Sedang
05/07/2026	00:34:10	14.5	12.6	1.9	1.9	Sedikit	1	Jarang	Rendah
05/07/2026	00:49:06	14.9	10.9	4.0	5.9	Sedikit	2	Jarang	Rendah
05/07/2026	00:55:34	27.1	26.2	0.9	6.7	Sedikit	3	Normal	Rendah
05/07/2026	01:32:59	24.5	24.7	0.0	6.7	Sedikit	4	Normal	Rendah

Tabel 21. Log Pengujian Real-Time Sebelum Perubahan

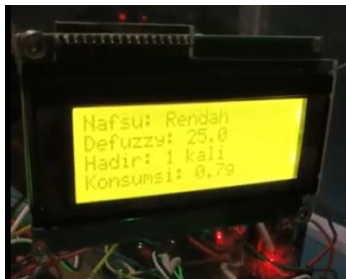
Lampiran F Dokumentasi Pengujian



Gambar 34. Kucing Terdeteksi



Gambar 35. Kucing Sedang Makan



Gambar 36. Output per Sesi Makan



Gambar 37. Output per Hari

Link Lampiran Video Pengujian:
https://drive.google.com/file/d/19Hib4OjSe9WREKUw0kBRngHTxun3xjMI/view?usp=drive_link