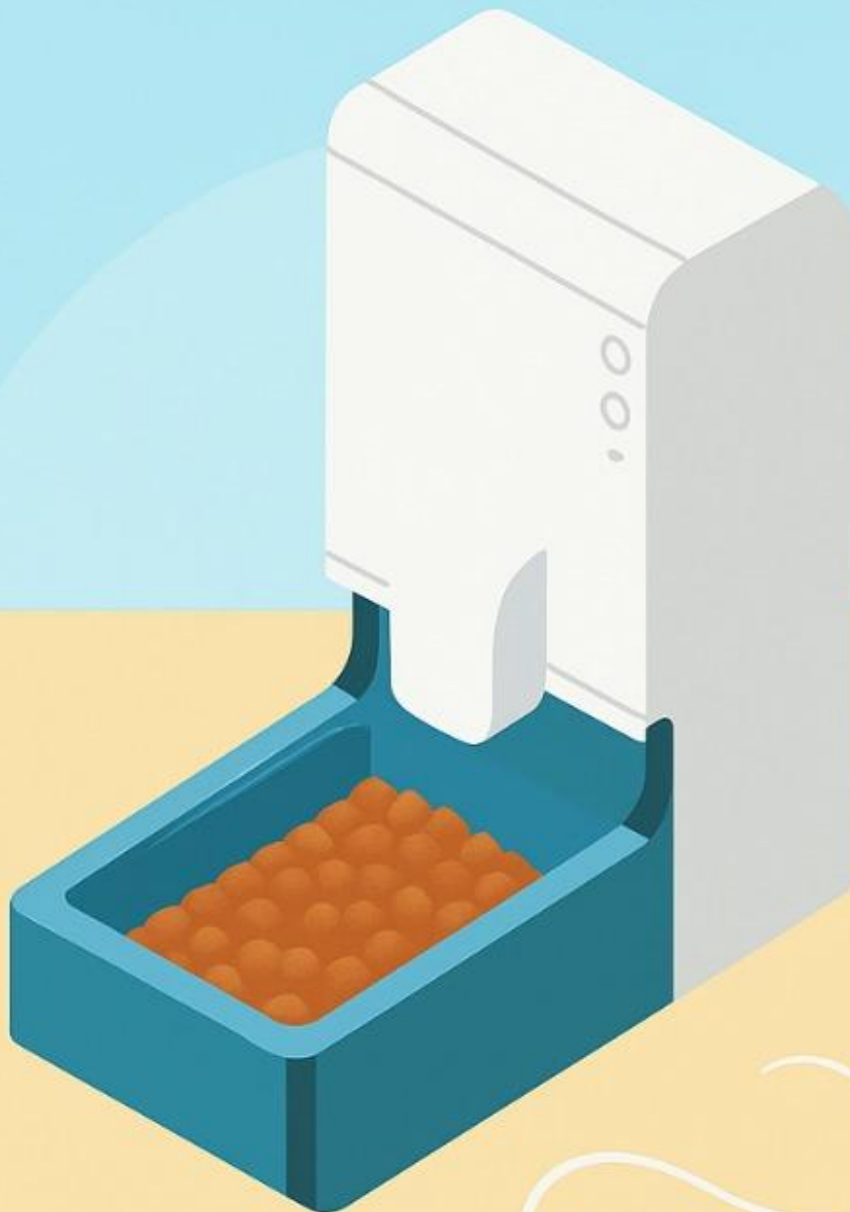


# catpour



## CATPOUR

AUTOMATIC CAT FEEDER



# DAFTAR ISI

<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>4</b>
1.1 Latar Belakang .....	4
1.2. Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan .....	10
1.4 Manfaat .....	17
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>26</b>
2.1 Mikrokontroler Arduino Nano .....	27
2.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	33
2.3 Load Cell dan Modul HX711 .....	34
2.4 Servo Motor .....	38
2.5 Kayu Triplek sebagai Material Rangka .....	39
2.6 Konsep Otomatisasi dan IoT Sederhana .....	41
2.7 Studi Terdahulu dan Proyek Serupa .....	43
<b>BAB III PEMROGRAMAN CATPOUR .....</b>	<b>46</b>
3.1 Pendahuluan .....	46
3.2 Struktur Umum Program .....	47
3.3 Inisialisasi Komponen .....	55
3.4 Pengembangan Fitur Tambahan .....	56
3.5 Kesimpulan .....	57
<b>BAB IV DESAIN DAN ESTETIKA .....</b>	<b>59</b>
4.1 Desain Fisik dan Penempatan Komponen .....	60
4.2 Integrasi Teknologi dan Estetika .....	64
4.3 Desain User Interface (UI) .....	65
4.4 Visualisasi Figma dan TinkerCAD .....	67
<b>BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN .....</b>	<b>74</b>
5.1 Proses Perakitan CatPour .....	74
5.2 Fungsi Otomatisasi .....	76
5.3 Respon terhadap Hewan .....	78

5.4 Waktu Respon Sistem.....	80
<b>BAB VI DAMPAK MANFAAT DAN PENGEMBANGAN .....</b>	<b>82</b>
6.1 Manfaat Bagi Pengguna dan Hewan Peliharaan .....	82
6.2 Dampak Sosial dan Edukasi.....	84
6.3 Potensi Pengembangan Teknologi .....	86
6.4 Dampak Terhadap Inovasi Lokal dan Ekonomi Kreatif.....	90
6.5 Arah Pengembangan Jangka Panjang .....	93
<b>BAB VII PENUTUP .....</b>	<b>97</b>
7.1 Kesimpulan .....	97
7.2 Keterbatasan .....	100
7.3 Saran .....	102

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi yang ditandai oleh percepatan teknologi informasi dan otomasi, kehidupan manusia telah mengalami transformasi signifikan di berbagai bidang, termasuk dalam aspek domestik seperti perawatan hewan peliharaan. Hewan peliharaan tidak lagi hanya dipandang sebagai penjaga atau penghibur semata, tetapi telah menjadi bagian integral dari keluarga dan kehidupan sosial masyarakat modern. Fenomena ini dapat dilihat dari meningkatnya minat terhadap adopsi hewan peliharaan, terutama kucing, yang telah menjadi salah satu hewan peliharaan paling populer di dunia.

Menurut data dari berbagai asosiasi pecinta hewan internasional dan lokal, populasi kucing peliharaan terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini tidak terlepas dari karakteristik kucing yang cenderung mandiri, tidak membutuhkan ruang yang luas, dan mampu beradaptasi dengan gaya hidup urban yang padat. Dalam konteks ini, muncul berbagai tantangan baru dalam hal perawatan dan pemeliharaan kucing, khususnya terkait pemenuhan kebutuhan dasar seperti pemberian pakan.

Pemberian pakan merupakan aspek penting dalam menjaga kesehatan dan kesejahteraan kucing. Ketidakteraturan dalam jadwal dan jumlah pakan dapat menyebabkan obesitas, malnutrisi, hingga gangguan perilaku. Namun, kesibukan pemilik sering kali membuat pemberian pakan secara konsisten menjadi sulit. Situasi seperti dinas luar kota, liburan, atau kondisi darurat menyebabkan sistem pemberian pakan manual menjadi tidak memadai.

Solusi yang diperlukan adalah alat pemberi pakan otomatis yang bekerja secara mandiri, teratur, terukur, dan dapat dipantau dari jarak jauh. Dalam konteks ini, teknologi otomatisasi dan Internet of Things (IoT) menjadi jawaban. Otomatisasi kini menjadi bagian penting dari revolusi industri keempat. Perangkat pintar (smart devices) memungkinkan fungsi kompleks dijalankan secara otomatis. Dalam bidang perawatan hewan, berbagai produk seperti penyaring kotoran otomatis dan mainan interaktif telah dikembangkan, namun umumnya masih mahal dan kurang fleksibel.

Berawal dari kondisi ini, dikembangkanlah "Cat Pour", sebuah alat pemberi pakan kucing otomatis yang berbasis mikrokontroler Arduino Nano. Arduino Nano dipilih karena ukurannya kecil, hemat energi, dan kompatibel dengan berbagai sensor dan aktuator. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi posisi wadah, load cell HX711 untuk mengukur berat pakan, dan servo motor sebagai pengatur saluran pakan. Keseluruhan komponen ini bekerja terpadu, memastikan pemberian pakan terjadwal dan sesuai takaran. Desain mekanik alat ini menggunakan kayu triplek sebagai rangka utama, dipilih karena kuat, mudah dibentuk, ramah

lingkungan, dan estetis. "Cat Pour" tidak hanya efisien secara fungsi, tetapi juga menyatu secara visual dengan interior rumah.

Sistem ini memiliki potensi dikembangkan menjadi perangkat IoT dengan penambahan modul ESP8266 atau ESP32, memungkinkan kendali dan pemantauan melalui internet. Pengguna dapat menerima notifikasi, mengubah jadwal, atau memantau status pakan dari jarak jauh. Selain fungsi praktis, "Cat Pour" juga merupakan sarana edukatif. Dengan desain open-source, alat ini dapat menjadi media pembelajaran untuk mikrokontroler, sensor, aktuator, dan IoT bagi pelajar, mahasiswa, serta komunitas teknologi. Akses terbuka terhadap desain dan kode sumbernya memungkinkan inovasi lebih lanjut.

Dari sisi komersial, "Cat Pour" memiliki potensi sebagai produk lokal yang bersaing dengan produk luar. Biaya produksi yang lebih rendah dan kemudahan pengembangan menjadikan alat ini solusi alternatif yang terjangkau. Dengan prinsip mekatronika, otomasi, dan IoT, "Cat Pour" menjadi simbol integrasi teknologi dalam kehidupan rumah tangga. Alat ini merupakan solusi praktis, sarana edukasi, dan produk inovatif yang mendorong perkembangan teknologi terapan di Indonesia.

### **Tren Global dalam Perawatan Hewan Peliharaan**

Perkembangan industri hewan peliharaan global terus menunjukkan pertumbuhan signifikan. Laporan Global Pet Care Market Outlook memperkirakan pasar ini mencapai lebih dari 250 miliar USD pada tahun 2030. Pertumbuhan ini didorong oleh meningkatnya populasi hewan peliharaan dan kesadaran pemilik akan pentingnya perawatan dan kenyamanan hewan.

Di negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, dan negara Eropa Barat, pengeluaran tahunan untuk kebutuhan hewan sangat besar, mencakup makanan, alat bantu, dan layanan kesehatan. Di Indonesia, tren serupa terlihat dari semakin banyaknya toko hewan, klinik, dan komunitas pecinta hewan yang aktif.

Kebutuhan akan perangkat praktis dan efisien seperti "Cat Pour" semakin relevan. Selain itu, adopsi perangkat IoT dalam rumah tangga juga mendukung kehadiran alat ini. Perangkat seperti kamera pengawas hewan dan alat pakan otomatis kini menjadi bagian gaya hidup modern. "Cat Pour" berada di posisi strategis untuk menjawab kebutuhan ini. Dengan perpaduan fungsi praktis dan teknologi digital, alat ini menjadi solusi cerdas dalam ekosistem rumah pintar yang berkembang pesat.

### **Studi Kasus Alat Serupa di Pasar Global dan Dampaknya terhadap Inovasi Lokal**

Di berbagai negara, alat pemberi pakan hewan otomatis telah berkembang menjadi produk komersial yang canggih. Beberapa merek seperti PetSafe, WOPET, dan Petlibro memimpin pasar global dengan menawarkan fitur seperti pengaturan waktu pakan melalui aplikasi smartphone,

kamera pemantau, serta koneksi Wi-Fi yang memungkinkan interaksi jarak jauh dengan hewan peliharaan. Produk-produk ini menunjukkan bagaimana integrasi teknologi digital dalam kehidupan rumah tangga telah menjadi kebutuhan yang semakin lazim.

PetSafe misalnya, menawarkan perangkat yang dapat menyesuaikan jumlah pakan berdasarkan kebutuhan kalori harian kucing, dengan sistem pemantauan berat badan. Sementara WOPET menghadirkan fitur voice recording yang memungkinkan pemilik menyapa kucingnya setiap kali pakan dikeluarkan. Petlibro menambahkan fungsi backup battery untuk mengatasi pemadaman listrik agar sistem tetap berfungsi.

Keberadaan alat-alat ini tidak hanya mencerminkan kemajuan teknologi, tetapi juga mendorong inovator lokal untuk menciptakan produk serupa yang lebih terjangkau dan sesuai dengan konteks sosial ekonomi masyarakat Indonesia. Sayangnya, harga alat impor relatif mahal dan tidak selalu cocok dengan kebutuhan lokal, baik dari segi daya listrik, konektivitas internet, maupun desain fisik. Hal ini membuka peluang besar bagi inovasi lokal seperti "Cat Pour" untuk mengisi celah pasar. Dengan mengadaptasi teknologi terbuka dan menggunakan komponen yang tersedia di dalam negeri, "Cat Pour" dapat dikembangkan sebagai alternatif yang ekonomis namun tetap fungsional. Inovasi lokal ini juga memungkinkan penyesuaian lebih fleksibel terhadap kebutuhan pengguna di Indonesia, seperti fitur manual override tanpa koneksi internet, atau desain yang disesuaikan dengan kondisi rumah tropis.

Lebih dari itu, adanya inspirasi dari produk global memacu proses lokalisasi inovasi teknologi. Inovator lokal dapat mempelajari fitur-fitur unggulan dari produk luar, lalu menyederhanakannya agar sesuai dengan kemampuan teknis dan daya beli masyarakat. Ini tidak hanya mendorong kreativitas, tetapi juga menciptakan ekosistem teknologi yang berkelanjutan, mandiri, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata. Dengan demikian, studi kasus terhadap alat serupa di pasar global menjadi rujukan penting dalam pengembangan "Cat Pour". Tidak hanya untuk membandingkan fitur dan harga, tetapi juga sebagai pijakan dalam menciptakan produk yang relevan, berdampak sosial, dan kompetitif di pasar lokal maupun internasional.

### **Analisis Kelayakan Teknis dan Ekonomi**

Dalam perancangan dan pengembangan sebuah produk teknologi, aspek kelayakan teknis dan ekonomi menjadi dua pilar utama yang saling melengkapi. Kelayakan teknis berkaitan dengan kemampuan alat untuk berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan, sedangkan kelayakan ekonomi berkaitan dengan efisiensi biaya dan keberlanjutan produksi serta pemasaran alat dalam jangka panjang.

Secara teknis, "Cat Pour" dirancang menggunakan komponen-komponen yang sudah teruji dan tersedia secara luas di pasaran lokal. Arduino Nano sebagai otak dari sistem menawarkan kemudahan dalam pemrograman serta kompatibilitas tinggi dengan sensor dan aktuator seperti

HC-SR04, HX711, dan servo motor. Pemilihan komponen ini mempertimbangkan faktor kemudahan perawatan, harga terjangkau, serta dokumentasi teknis yang melimpah di berbagai platform online.

Selain itu, desain alat juga memungkinkan modularitas, di mana setiap komponen dapat diganti atau ditingkatkan tanpa harus membongkar keseluruhan sistem. Misalnya, jika pengguna ingin meng-upgrade sistem ke versi IoT, cukup menambahkan modul Wi-Fi seperti ESP8266 atau ESP32 tanpa perlu mengubah keseluruhan arsitektur alat. Ini menambah fleksibilitas serta memperpanjang umur pakai alat.

Dari sisi ekonomi, estimasi biaya pembuatan "Cat Pour" sangat kompetitif. Dengan kisaran biaya produksi di bawah Rp500.000 untuk versi dasar, alat ini memiliki nilai jual yang jauh lebih rendah dibandingkan produk impor serupa yang bisa mencapai jutaan rupiah. Selain itu, penggunaan bahan lokal seperti kayu triplek menurunkan biaya produksi sekaligus meningkatkan nilai estetika dan keberlanjutan.

Potensi komersialisasi alat ini juga tinggi, terutama jika dikembangkan melalui pendekatan komunitas maker dan startup teknologi. Dengan model bisnis berbasis open-source dan produksi skala kecil hingga menengah, "Cat Pour" bisa dipasarkan melalui e-commerce lokal, bazar teknologi, atau kerja sama dengan toko hewan peliharaan. Dari kedua aspek ini, dapat disimpulkan bahwa "Cat Pour" layak dikembangkan secara teknis dan ekonomis. Keberhasilannya akan sangat bergantung pada strategi pengembangan lebih lanjut, termasuk uji lapangan, penyempurnaan desain, serta pendekatan pemasaran yang tepat sasaran.

## 1.2. Rumusan Masalah

Untuk mewujudkan alat pemberi pakan kucing otomatis bernama "*Cat Pour*", diperlukan berbagai kajian teknis, mekanis, dan fungsional. Alat ini dirancang tidak hanya untuk memudahkan pemilik hewan peliharaan dalam memberikan makan secara terjadwal, tetapi juga untuk memastikan bahwa pakan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan nutrisi harian kucing. Oleh karena itu, beberapa rumusan masalah yang perlu dikaji dan dijawab dalam perancangan dan implementasi alat ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat pemberi pakan otomatis yang efektif dan efisien bagi hewan peliharaan, khususnya kucing, menggunakan Arduino Nano sebagai pusat kontrol?

Perlu dikaji bagaimana Arduino Nano dapat mengendalikan seluruh komponen sistem dengan keterbatasan pin I/O, kapasitas memori, dan kecepatan pemrosesan. Efektivitas perancangan juga harus mempertimbangkan aspek modularitas, kemudahan perawatan, efisiensi konsumsi daya, serta skalabilitas sistem jika ingin ditambahkan fitur lain di masa mendatang seperti konektivitas IoT atau aplikasi pemantauan berbasis Android/iOS.

**2.** Bagaimana integrasi sensor ultrasonik HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi kehadiran kucing atau keberadaan wadah pakan secara akurat dan responsif?

Sensor HC-SR04 bekerja berdasarkan pantulan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak. Permasalahannya adalah bagaimana mengatur posisi dan orientasi sensor agar tidak tertipu oleh gerakan sekitar, perubahan posisi wadah, atau gangguan benda lain. Selain itu, perlu dirancang metode filterisasi data atau rata-rata pembacaan untuk meningkatkan akurasi dan menghindari *false trigger*.

**3.** Bagaimana memanfaatkan load cell HX711 untuk mengukur berat pakan yang keluar agar dapat dikontrol sesuai kebutuhan harian kucing?

Pemanfaatan load cell harus mempertimbangkan akurasi pengukuran berat dalam kisaran gram, kestabilan pembacaan dalam jangka waktu tertentu, dan pengaruh gangguan mekanik seperti getaran atau gaya tekan dari luar. Selain itu, diperlukan perancangan algoritma pengendalian agar berat pakan yang diberikan sesuai dengan batas yang telah diprogram, serta dapat dikalibrasi ulang sesuai kebutuhan.

**4.** Bagaimana mekanisme kerja servo motor dapat digunakan untuk membuka dan menutup saluran pakan dengan akurasi tinggi dan respons cepat?

Servo motor digunakan sebagai aktuator untuk membuka dan menutup pintu saluran pakan. Tantangan yang muncul meliputi penentuan sudut bukaan ideal, kecepatan respon, serta ketahanan servo terhadap beban dan siklus kerja berulang. Sistem mekanik harus mampu mentransfer gerakan rotasi servo menjadi gerakan pembuka/penutup yang presisi dan tidak macet akibat penumpukan pakan.

**5.** Bagaimana menyusun sistem elektronik dan mekanik dalam wadah berbahan kayu triplek yang stabil dan tahan lama sesuai gambar kerja yang ada?

Struktur alat harus dirancang ergonomis, ringkas, dan tahan lama. Material triplek dipilih karena ringan, mudah dibentuk, dan cukup kuat untuk aplikasi non-industri. Namun, perlu diperhitungkan bagaimana peletakan komponen elektronik agar terlindungi dari debu, kelembapan, dan gangguan luar. Sistem kabel, sensor, dan motor harus tertata rapi serta mudah dalam proses perawatan dan perbaikan.

**6.** Bagaimana mengatur logika dan pemrograman Arduino Nano agar sistem bekerja secara otomatis berdasarkan waktu dan parameter berat tertentu?

Permasalahan yang harus dikaji mencakup pembuatan *flowchart* logika kerja, penggunaan timer atau RTC (Real Time Clock) eksternal jika diperlukan, serta bagaimana mengatur waktu dan batas berat yang fleksibel melalui kode pemrograman. Selain itu, sistem harus mampu mengenali status



sensor secara real-time dan merespons sesuai kondisi, seperti membuka pakan hanya jika kucing terdeteksi dan berat pakan kurang dari batas minimum.

**7.** Apa tantangan teknis yang mungkin timbul dalam integrasi antara komponen elektronik dan struktur mekanik, serta bagaimana cara mengatasinya?

Tantangan integrasi mencakup kompatibilitas dimensi antar komponen, pemanasan komponen elektronik, kestabilan sumber daya listrik, serta gangguan elektromagnetik atau noise. Selain itu, perlu dipikirkan bagaimana membuat sistem yang tetap bekerja meski sebagian komponen mengalami gangguan (*fail-safe mechanism*), serta cara mudah melepas atau mengganti komponen yang rusak.

**8.** Bagaimana merancang sistem pemberian pakan secara otomatis berdasarkan jadwal waktu tertentu dan menyesuaikannya dengan kebiasaan makan kucing?

Setiap kucing memiliki pola makan yang berbeda. Oleh karena itu, sistem perlu mampu menyimpan jadwal makan harian dan mengatur waktu pemberian pakan secara fleksibel. Rumusan masalah ini mencakup pembuatan sistem input data jadwal (baik melalui tombol manual, serial, atau integrasi aplikasi), serta penyimpanan memori internal (EEPROM) untuk menjamin data tetap tersimpan meskipun daya mati.

**9.** Bagaimana sumber daya listrik untuk sistem dapat dirancang agar hemat energi dan aman digunakan di lingkungan rumah tangga?

Pemilihan sumber daya harus mempertimbangkan tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh semua komponen, serta skenario *power loss*. Apakah sistem akan menggunakan adaptor listrik rumah tangga, atau disertai baterai cadangan sebagai backup? Rumusan ini juga mencakup bagaimana merancang sistem konversi tegangan yang stabil dan efisien, serta meminimalkan konsumsi daya dalam kondisi idle.

**10.** Bagaimana sistem dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi berbasis IoT, sehingga pemilik dapat memantau dan mengatur pemberian pakan melalui ponsel?

Pengembangan sistem ke arah Internet of Things akan membuka potensi besar dalam pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Namun, perlu dijawab bagaimana menambahkan modul komunikasi seperti ESP8266 atau ESP32 secara teknis, mengatur komunikasi data, serta merancang antarmuka pengguna (UI/UX) yang ramah untuk digunakan. Hal ini juga mencakup tantangan keamanan data dan respons sistem terhadap perintah jarak jauh.

**11.** Bagaimana membuat sistem antarmuka pengguna (UI) sederhana yang dapat memberikan informasi status alat, seperti pakan tersisa, jadwal berikutnya, atau log aktivitas?

Perangkat seperti LCD 16x2, OLED, atau LED indikator dapat digunakan untuk memberikan umpan balik kepada pengguna. Rumusan masalah ini membahas bagaimana menyusun informasi tersebut agar mudah dipahami, tidak membingungkan, serta memberikan informasi real-time. UI ini juga dapat berguna sebagai alat debugging selama pengujian sistem.

**12.** Bagaimana merancang algoritma pemantauan dan pengendalian secara real-time agar sistem dapat menyesuaikan respons berdasarkan data sensor terkini?

Dalam sistem ini, data dari sensor HC-SR04 dan HX711 akan terus berubah. Oleh karena itu, perlu dirancang algoritma yang dapat memproses data secara kontinu dan mengambil keputusan secara tepat waktu, misalnya menghentikan servo saat berat tercapai, atau mengabaikan pembacaan jika kucing belum muncul dalam jangka waktu tertentu.

**13.** Bagaimana menjaga keamanan makanan dari kontaminasi atau kerusakan akibat lingkungan sekitar (debu, serangga, kelembapan)?

Desain wadah penyimpanan dan saluran pakan harus mampu menjaga kualitas pakan. Ini termasuk sistem penutup otomatis, penggunaan material food grade, serta desain mekanik agar tidak mudah terbuka oleh hewan lain atau anak-anak.

**14.** Bagaimana melakukan pengujian dan kalibrasi sistem secara menyeluruh untuk memastikan akurasi dan keandalannya?

Rumusan ini mencakup metode pengujian sensor jarak dan berat, pengukuran waktu respon servo, pengujian sistem kerja secara berulang, serta teknik kalibrasi ulang sistem jika terjadi deviasi pengukuran. Hal ini penting untuk memastikan sistem bekerja dengan andal selama periode penggunaan yang panjang.

**15.** Bagaimana membuat sistem modular dan mudah diperbaiki, sehingga pengguna non-teknis pun dapat melakukan pemeliharaan ringan?

Rancangan alat harus modular, di mana setiap bagian dapat dilepas pasang dengan mudah. Kabel harus diberi label atau konektor, dan pemrograman Arduino diatur agar dapat dimodifikasi ulang dengan mudah jika ingin mengubah parameter tertentu.

## 1.3 Tujuan

Pembuatan alat “Cat Pour” bertujuan untuk menciptakan sebuah sistem pemberi pakan otomatis untuk kucing yang cerdas, efisien, presisi, dan mudah diakses oleh masyarakat luas, khususnya pemilik hewan peliharaan yang memiliki keterbatasan waktu dan aktivitas padat. Berikut merupakan rincian dan pengembangan dari tujuan tersebut secara lebih komprehensif:

1. Merancang dan Membuat Prototipe Alat Pemberi Pakan Kucing Otomatis Berbasis Arduino Nano. Tujuan utama dari pembuatan alat ini adalah merancang dan

mengembangkan prototipe alat yang berbasis mikrokontroler Arduino Nano. Arduino Nano dipilih karena bentuknya yang kecil, konsumsi daya rendah, biaya yang terjangkau, serta kemampuannya dalam mengontrol berbagai perangkat input-output secara efisien. Dengan perangkat lunak pemrograman berbasis C/C++, pengguna dapat menyesuaikan logika operasional alat sesuai dengan kebutuhannya masing-masing.

Prototipe ini dirancang untuk dapat:

- a. Beroperasi secara mandiri setelah pemrograman awal, tanpa perlu intervensi manusia dalam penggunaan sehari-hari.
- b. Menjadi solusi teknologi terapan di bidang pet care dan smart home, dengan potensi pengembangan lanjutan seperti koneksi IoT, sistem kontrol berbasis aplikasi, dan monitoring berbasis cloud.
- c. Mengedukasi pengguna tentang manfaat teknologi mikrokontroler dalam kehidupan sehari-hari.

2. Mengimplementasikan Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk Deteksi Keberadaan Kucing atau Posisi Mangkuk. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai perangkat input utama dalam mendeteksi keberadaan kucing di dekat alat atau memastikan bahwa mangkuk makanan berada pada posisi yang benar sebelum pakan dikeluarkan. Deteksi ini sangat penting untuk mencegah kesalahan distribusi pakan, seperti tumpahnya pakan di luar mangkuk atau pemberian pakan saat mangkuk belum siap.

Tujuan dari penggunaan sensor ini meliputi:

- a. Meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem distribusi pakan.
- b. Mencegah pemborosan dan kekacauan akibat pakan yang jatuh sembarangan.
- c. Menambah unsur “real-time monitoring” dalam sistem agar alat mampu merespons kondisi aktual di lapangan.

3. Mengintegrasikan Load Cell HX711 sebagai Alat Ukur Berat Pakan yang Presisi. Untuk memastikan pakan yang diberikan kepada kucing dalam jumlah yang tepat, digunakan sensor load cell HX711. Load cell ini mampu mendeteksi berat dengan presisi tinggi, bahkan dalam satuan gram. Integrasi sensor ini bertujuan untuk:

- a. Mencegah pemberian pakan yang berlebihan (overfeeding) maupun kekurangan (underfeeding), yang dapat berdampak pada kesehatan kucing.
- b. Memberikan kemampuan kontrol pakan berbasis berat secara otomatis dan presisi.
- c. Menyediakan data akurat terkait jumlah pakan yang telah diberikan, yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam sistem log pencatatan atau pengelolaan nutrisi.

4. Menggunakan Servo Motor sebagai Aktuator untuk Mekanisme Pembukaan Jalur Pakan. Servo motor digunakan sebagai komponen aktuator utama dalam membuka dan menutup jalur keluarnya pakan. Mekanisme ini dirancang agar dapat bekerja berdasarkan sinyal dari mikrokontroler, menyesuaikan kondisi yang dibaca oleh sensor.

Tujuannya adalah untuk:

- a. Mengatur aliran pakan secara terkontrol agar tidak berlebih atau menyumbat saluran.
- b. Meningkatkan keandalan sistem distribusi pakan secara otomatis.
- c. Meningkatkan keamanan alat, terutama dalam mencegah anak-anak atau hewan lain yang mencoba mengakses pakan.

5. Merancang Struktur Alat dari Bahan Kayu Triplek yang Ergonomis, Ekonomis, dan Estetis. Pemilihan material triplek sebagai bahan dasar struktur alat didasarkan pada pertimbangan ekonomis, ketersediaan material yang mudah ditemukan, serta kemudahan dalam proses pemotongan, perakitan, dan finishing. Desain alat dibuat dengan mempertimbangkan aspek ergonomi (kemudahan penggunaan), estetika (penampilan menarik), serta kekuatan struktur.

Tujuan perancangan struktural ini adalah:

- a. Menciptakan produk yang menarik secara visual dan dapat menyatu dengan desain interior rumah.
- b. Menyediakan alat yang kokoh dan tahan lama untuk penggunaan jangka panjang.
- c. Memastikan bahwa alat dapat dirakit dan diperbaiki dengan mudah oleh pengguna tanpa perlu alat khusus.

6. Menguji Kinerja Alat dalam Berbagai Skenario Operasi. Untuk memastikan alat berfungsi optimal dalam kondisi nyata, dilakukan pengujian dalam berbagai skenario penggunaan, seperti:

- Pemberian pakan secara terjadwal: Menguji respons sistem terhadap waktu yang telah ditentukan dalam pemrograman.
- Pengukuran berat pakan: Menguji akurasi load cell dalam menakar jumlah pakan sesuai yang ditentukan.
- Deteksi objek: Menguji kepekaan dan akurasi sensor ultrasonik dalam mendeteksi keberadaan mangkuk atau kucing.

- Kegagalan sistem: Mensimulasikan kondisi error seperti habisnya pakan, mangkuk tidak tersedia, atau kerusakan servo untuk menguji kemampuan alat dalam memberikan peringatan atau tidak melanjutkan proses pemberian pakan.

Tujuan dari pengujian ini adalah:

- Memastikan keandalan alat di berbagai kondisi penggunaan.
- Mengidentifikasi potensi kelemahan sistem untuk perbaikan ke depan.
- Menyediakan dokumentasi pengujian sebagai dasar pengembangan versi komersial.

7. Memberikan Solusi Praktis dan Terjangkau untuk Pemilik Kucing. Salah satu tujuan utama dari proyek ini adalah memberikan solusi nyata yang dapat membantu pemilik kucing dalam:

- Menjaga pola makan hewan peliharaan mereka tetap konsisten meskipun mereka memiliki kesibukan atau sering bepergian.
- Menghemat waktu dan tenaga yang biasanya diperlukan untuk memberi makan secara manual.
- Memberikan ketenangan pikiran karena alat ini mampu bekerja secara mandiri dan terjadwal.

Selain itu, alat ini juga ditujukan untuk:

- Menurunkan biaya pemeliharaan alat pemberi pakan otomatis dibandingkan dengan produk komersial yang ada di pasaran.
- Memberikan alternatif DIY (*Do It Yourself*) yang dapat dibangun oleh siapa pun dengan sedikit pengetahuan teknis dan keterampilan dasar.

8. Memberikan Edukasi Teknologi dan Inovasi Berbasis Proyek. Proyek ini juga bertujuan untuk menjadi media pembelajaran bagi pelajar, mahasiswa, dan penggiat teknologi yang tertarik dalam bidang:

- Embedded systems* (sistem tertanam)
- Otomasi rumah tangga
- Robotika dan sensor
- Desain mekanik dan prototyping

Melalui alat ini, pengguna dapat memahami bagaimana sistem teknologi bekerja secara terintegrasi, mulai dari logika program, pengolahan data sensor, hingga respons aktuator. Proyek ini juga dapat menjadi bahan tugas akhir atau proyek kolaboratif antar bidang (elektro, mesin, dan desain produk).

9. Mengembangkan Konsep *Smart Pet Feeder* sebagai Bagian dari Sistem Rumah Pintar (*Smart Home*). Dengan basis mikrokontroler dan sensor, alat ini memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi bagian dari ekosistem rumah pintar. Dalam pengembangan jangka panjang, alat dapat diintegrasikan dengan:

- a. Modul Wi-Fi seperti ESP8266 untuk kontrol jarak jauh.
- b. Aplikasi smartphone untuk monitoring dan kontrol real-time.
- c. Sistem notifikasi atau peringatan ketika pakan habis atau terjadi error.

Tujuan ini mendukung visi untuk menciptakan lingkungan rumah tangga yang lebih cerdas, efisien, dan ramah terhadap pemilik hewan peliharaan.

10. Meningkatkan Kesejahteraan Hewan Peliharaan Melalui Teknologi. Dengan sistem pemberi pakan yang terjadwal, presisi, dan otomatis, alat ini dapat berkontribusi terhadap:

- a. Pola makan yang lebih stabil dan seimbang bagi kucing.
- b. Pengurangan risiko obesitas akibat pemberian pakan berlebih.
- c. Menghindari stres pada hewan karena keterlambatan pemberian pakan saat pemilik tidak di rumah.

11. Mendukung Gaya Hidup Modern dan Mobilitas Tinggi Pemilik Hewan. Dengan meningkatnya mobilitas masyarakat urban dan meningkatnya aktivitas harian yang padat, alat *Cat Pour* dirancang untuk menjadi bagian dari solusi penunjang gaya hidup modern. Banyak pemilik kucing yang harus bekerja di luar rumah selama berjam-jam atau bahkan sering bepergian dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, alat ini bertujuan untuk:

- a. Menyediakan sistem pemberian pakan yang andal dan konsisten, sehingga pemilik tidak perlu khawatir akan keterlambatan atau kelupaan memberi makan.
- b. Mengurangi kecemasan pemilik saat meninggalkan rumah, karena alat dapat beroperasi mandiri sesuai dengan jadwal yang ditentukan.
- c. Membantu pemilik yang memiliki lebih dari satu hewan peliharaan untuk mengatur jadwal makan tanpa perlu melakukannya secara manual.

12. Menumbuhkan Kesadaran akan Pentingnya Perawatan Hewan Peliharaan secara Bertanggung Jawab. Tujuan lain dari alat ini adalah sebagai alat edukasi dan advokasi untuk mendorong pemilik hewan agar lebih bertanggung jawab terhadap kesehatan dan kesejahteraan peliharaan mereka. Alat ini menunjukkan bahwa dengan bantuan teknologi, perawatan hewan bisa dilakukan secara konsisten dan tepat.

Beberapa poin penting:

- a. Memberi pemahaman bahwa pemberian pakan tidak boleh berlebihan atau asal-asalan.
- b. Mendorong pemilik untuk memperhatikan jadwal makan yang konsisten.
- c. Menjadi bukti bahwa perhatian terhadap hewan bisa tetap diberikan walau pemilik sedang tidak berada di rumah.

13. Mendorong Penggunaan Teknologi Tepat Guna di Rumah Tangga. Proyek ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana konsep teknologi tepat guna dapat diimplementasikan pada level rumah tangga. Tidak semua teknologi harus mahal dan kompleks; dengan komponen sederhana, biaya terjangkau, dan perakitan yang mudah, alat ini dapat menjadi contoh bagaimana teknologi bisa dimanfaatkan secara efisien untuk kebutuhan sehari-hari.

Tujuannya meliputi:

- a. Menyederhanakan proses otomatisasi rumah tangga untuk hewan peliharaan.
- b. Menginspirasi masyarakat untuk mengembangkan alat serupa sesuai kebutuhan masing-masing.
- c. Menjadi sarana pembelajaran untuk pengembangan teknologi berbiaya rendah namun fungsional.

14. Memperluas Peluang Usaha di Bidang Teknologi dan Perawatan Hewan. Dengan melihat tren meningkatnya kepemilikan hewan peliharaan di kalangan masyarakat menengah, proyek ini juga diarahkan sebagai prototipe awal yang bisa dikembangkan menjadi produk komersial. Tujuan jangka panjang dari alat *Cat Pour* adalah:

- a. Membuka peluang usaha rumahan atau UMKM di bidang teknologi pet care.
- b. Memberikan ide bisnis kepada siswa, mahasiswa, atau teknisi yang ingin memulai usaha di bidang inovasi fungsional.
- c. Menjadi contoh bahwa proyek berbasis Arduino dan komponen dasar elektronik bisa dikembangkan menjadi produk bernilai jual.

15. Menekan Dampak Lingkungan dari Produksi Massal Alat Elektronik. Dalam merancang *Cat Pour*, digunakan bahan kayu triplek dan komponen minimalis untuk mengurangi jejak karbon serta dampak lingkungan dari pembuatan alat. Tujuan ini bertujuan untuk:

- a. Mengurangi ketergantungan terhadap plastik dan bahan kimia lain yang lazim digunakan dalam produk elektronik massal.
- b. Mendorong penggunaan material yang dapat didaur ulang atau dibongkar-pasang dengan mudah.
- c. Meningkatkan kesadaran akan pentingnya desain berkelanjutan (*sustainable design*) dalam pengembangan alat berbasis teknologi.

16. Membangun Dasar untuk Pengembangan Sistem IoT (*Internet of Things*). Walaupun prototipe awal berbasis Arduino Nano tanpa koneksi internet, proyek ini dirancang dengan memperhitungkan kemungkinan ekspansi ke sistem IoT. Tujuannya mencakup:

- a. Membangun fondasi sistem pemberi pakan berbasis cloud, dengan fitur pemantauan jarak jauh.
- b. Mengembangkan dashboard berbasis web atau aplikasi yang dapat terhubung dengan alat secara *real time*.
- c. Menyediakan data log pemberian pakan dan deteksi keberadaan kucing secara historis yang bisa digunakan untuk analisis kebiasaan makan.

17. Mengembangkan Sistem yang Adaptif dan Cerdas (*Smart Feeding System*). Selain pemberian pakan berdasarkan waktu dan berat, alat ini dapat dikembangkan menjadi sistem adaptif yang mampu mempelajari pola makan kucing secara otomatis menggunakan pendekatan machine learning. Dalam jangka panjang, tujuan pengembangan meliputi:

- a. Memanfaatkan data dari sensor untuk menyesuaikan jumlah dan waktu pemberian pakan sesuai kebiasaan hewan.
- b. Mengidentifikasi perilaku abnormal, seperti berkurangnya nafsu makan, sebagai indikator kesehatan hewan.
- c. Menyesuaikan sistem dengan berbagai jenis pakan dan ukuran kucing.

18. Menjadi Wadah Kolaborasi Antar Disiplin Ilmu. Proyek ini berpotensi menjadi proyek kolaboratif antara berbagai disiplin ilmu seperti teknik elektro, mekatronika, teknik mesin, desain produk, kedokteran hewan, hingga ilmu komputer. Tujuan ini meliputi:

- a. Mendorong kegiatan kolaboratif antara pelajar, peneliti, dan praktisi dalam mengembangkan solusi nyata.



- b. Menjadi bahan tugas akhir, penelitian terapan, atau proyek sosial berbasis teknologi.
- c. Mempertemukan keilmuan teoritis dengan penerapan praktis dalam satu sistem alat fungsional.

19. Meningkatkan *User Experience* (Pengalaman Pengguna) dalam Mengelola Hewan. Alat ini juga bertujuan untuk menghadirkan pengalaman pengguna yang menyenangkan dan mudah dalam mengelola kebutuhan makan kucing. Dengan antarmuka sederhana, alat ini bisa digunakan oleh berbagai kalangan, termasuk:

- a. Orang tua yang ingin melibatkan anak-anak dalam mengurus hewan.
- b. Lansia yang sudah sulit bergerak atau lupa waktu.
- c. Pemula yang baru pertama kali memelihara kucing.

20. Meningkatkan Nilai Kreativitas dan Inovasi di Lingkungan Pendidikan. Terakhir, alat ini juga bertujuan untuk menjadi proyek inspiratif yang mendorong kreativitas dan inovasi di sekolah atau kampus. Dalam berbagai perlombaan robotika, teknologi terapan, atau karya ilmiah remaja, alat ini bisa:

- a. Memberikan ide inovatif berbasis masalah nyata di masyarakat.
- b. Menunjukkan bagaimana teknologi sederhana dapat menjawab kebutuhan sehari-hari.
- c. Menginspirasi siswa untuk lebih menyukai dunia STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

## 1.4 Manfaat

**1. Mempermudah Pemilik Kucing dalam Memberi Pakan Secara Otomatis dan Terjadwal.** Alat ini memungkinkan pemilik kucing untuk menjadwalkan pemberian pakan secara otomatis berdasarkan waktu yang ditentukan sebelumnya. Dengan sistem otomatisasi ini, pengguna tidak perlu lagi repot memberi makan secara manual setiap hari, terutama bagi mereka yang memiliki jadwal kerja padat atau sering bepergian. Hal ini dapat mengurangi stres dan kekhawatiran pemilik terhadap kesehatan dan kenyamanan hewan peliharaannya.

**2. Menjaga Pola Makan yang Konsisten untuk Kesehatan Kucing.** Konsistensi dalam pola makan merupakan hal penting untuk menjaga kesehatan hewan peliharaan, terutama dalam menghindari obesitas atau kekurangan nutrisi. Dengan alat ini, kucing akan menerima pakan dalam jumlah dan waktu yang teratur, yang secara tidak langsung membantu menjaga berat badan ideal dan kondisi metabolisme tubuhnya tetap stabil. Hal ini penting karena kucing yang makan tidak teratur lebih rentan mengalami masalah pencernaan dan gangguan perilaku.

**3. Mengurangi Pemborosan dan Menghemat Pakan.** Alat ini dirancang untuk mengeluarkan pakan dalam jumlah tertentu menggunakan sensor berat (load cell), sehingga takaran pakan dapat diatur secara presisi. Ini membantu menghindari pemborosan akibat pemberian pakan yang berlebihan. Selain itu, pakan yang diberikan secara berlebih bisa cepat basi atau tercecer, terutama jika kucing tidak menghabiskannya dalam satu waktu. Penghematan ini bukan hanya berdampak positif dari sisi biaya, tapi juga dari sisi efisiensi penggunaan sumber daya.

**4. Memberikan Sarana Pembelajaran Nyata bagi Pelajar dan Mahasiswa.** *Cat Pour* dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dalam bidang teknik elektro, mekatronika, otomasi, dan teknologi informasi. Mahasiswa dapat mempelajari bagaimana sebuah sistem otomatis dibangun mulai dari perancangan mekanik, pemrograman mikrokontroler, hingga integrasi sensor dan aktuator. Proyek ini juga memperkenalkan konsep sistem tertanam (embedded system) yang umum digunakan dalam industri modern.

**5. Bisa Dijadikan Tugas Akhir atau Penelitian Terapan.** Banyak perguruan tinggi atau sekolah kejuruan mendorong mahasiswanya untuk mengembangkan proyek yang aplikatif. Alat *Cat Pour* sangat cocok dijadikan topik tugas akhir karena mencakup banyak aspek: pemrograman, desain mekanik, integrasi elektronik, pengukuran presisi, dan rekayasa perangkat lunak. Selain itu, alat ini juga membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut seperti pengembangan smart system, pemrosesan data sensor, atau penggunaan algoritma pembelajaran mesin untuk adaptasi kebiasaan hewan.

**6. Melatih Keterampilan Multidisipliner dalam Satu Proyek.** Proyek *Cat Pour* melibatkan banyak keterampilan seperti:

- **Desain mekanik:** Membuat rangka dan struktur yang ergonomis dan fungsional.
- **Elektronika dasar:** Menghubungkan sensor dan aktuator.
- **Pemrograman mikrokontroler:** Membuat algoritma logika kerja alat.
- **Pengujian dan kalibrasi:** Menyesuaikan sistem agar berjalan stabil.

Dengan demikian, proyek ini sangat efektif untuk melatih kemampuan multidisipliner yang sangat dibutuhkan dalam dunia kerja industri 4.0.

**7. Contoh Nyata Penerapan Otomatisasi Berbasis Arduino.** Arduino sebagai platform open-source telah banyak digunakan dalam pengembangan sistem otomatisasi. Namun, masih banyak orang yang hanya mengenalnya di tingkat dasar. Alat ini dapat menjadi contoh konkret bagaimana Arduino dapat digunakan dalam membangun sistem otomatisasi yang fungsional, relevan dengan kehidupan nyata, dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk berbagai kebutuhan lain.

**8. Menjadi Inspirasi Inovasi Alat Otomatis Lainnya.** Keberhasilan alat *Cat Pour* dalam menyelesaikan masalah pemberian pakan kucing dapat menginspirasi terciptanya alat-alat otomatisasi lainnya, seperti:

- **Dispenser air otomatis untuk hewan.**
- **Sistem pembersih litter box otomatis.**
- **Alat monitoring kesehatan hewan berbasis sensor.**

Dengan membangkitkan semangat inovasi ini, masyarakat dapat berkontribusi dalam pengembangan solusi rumah tangga berbasis teknologi yang murah dan mudah dibuat.

**9. Mendukung Penggunaan Material Ramah Lingkungan.** Penggunaan kayu triplek sebagai bahan utama rangka alat menunjukkan komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan. Kayu triplek mudah didaur ulang, dapat diperoleh secara lokal, dan memiliki jejak karbon lebih rendah dibandingkan bahan sintesis seperti plastik. Dengan ini, *Cat Pour* mengedepankan prinsip *green design* dalam proyek Fteknologi rumah tangga.

**10. Meningkatkan Kesadaran Akan Desain yang Berkelanjutan.** Manfaat lain dari alat ini adalah menanamkan pemahaman bahwa desain suatu produk tidak hanya dilihat dari fungsinya saja, tetapi juga dari dampak jangka panjangnya terhadap lingkungan, biaya produksi, dan efisiensi penggunaan energi. Dengan pendekatan desain berkelanjutan, pengguna dan perancang dapat belajar mempertimbangkan siklus hidup produk sejak tahap perancangan.

**11. Menumbuhkan Jiwa Kewirausahaan Teknologi.** Prototipe seperti *Cat Pour* berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk komersial yang dipasarkan kepada masyarakat luas. Hal ini membuka peluang usaha di bidang teknologi rumah tangga untuk hewan peliharaan, terutama

karena pasar pet care terus berkembang dari tahun ke tahun. Dengan memahami bagaimana sistem ini dirancang dan bekerja, seseorang dapat membangun lini produk sendiri dan menjadi wirausahawan teknologi yang kreatif.

**12. Memberikan Nilai Tambah pada Dunia Pendidikan Vokasional.** Alat ini sangat cocok digunakan di sekolah menengah kejuruan (SMK), politeknik, maupun balai pelatihan kerja (BLK) karena relevan dengan kurikulum vokasi berbasis praktik. Para siswa bisa belajar melalui proyek nyata yang memberikan pemahaman menyeluruh dari hulu ke hilir—dari teori dasar, praktik perakitan, hingga pemrograman dan pengujian sistem. Ini akan memberikan nilai tambah pada kompetensi lulusan di bidang teknik dan teknologi terapan.

**13. Membantu Komunitas Pencinta Hewan dalam Merawat Kucing Jalanan.** Selain untuk pemilik kucing pribadi, alat ini juga bermanfaat bagi relawan atau komunitas yang merawat kucing liar atau kucing komunitas. Dengan alat ini, pakan dapat diberikan pada waktu dan jumlah yang konsisten tanpa harus selalu hadir di lokasi, sehingga sangat membantu dalam manajemen logistik pemberian pakan secara massal di tempat penampungan atau shelter.

**14. Menjadi Media Edukasi STEM yang Menyenangkan.** *Cat Pour* juga dapat digunakan sebagai media pengenalan konsep STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) bagi siswa sekolah dasar atau menengah dalam bentuk workshop atau kegiatan ekstrakurikuler. Karena alat ini bersifat interaktif dan bermanfaat langsung dalam kehidupan sehari-hari, siswa akan lebih mudah memahami prinsip ilmiah dan teknis dalam bentuk yang menyenangkan.

**15. Memperkenalkan Konsep Smart Home dan Otomatisasi Domestik.** Dengan integrasi sensor dan logika pemrograman, alat ini dapat menjadi pengantar konsep rumah pintar (smart home) kepada masyarakat umum. Meskipun alat ini hanya menyasar satu fungsi, yakni pemberian pakan kucing, prinsip kerjanya mirip dengan sistem smart home lain seperti pengatur suhu otomatis, lampu sensor gerak, atau pintu otomatis. Hal ini dapat mendorong adopsi teknologi otomasi yang lebih luas di rumah-rumah.

**16. Mengajarkan Etika Perawatan Hewan yang Konsisten.** Salah satu manfaat sosial dari alat ini adalah menumbuhkan kesadaran bahwa perawatan hewan bukan hanya soal memberi makan sesekali, tapi tentang konsistensi dan tanggung jawab jangka panjang. Dengan teknologi ini, pemilik hewan belajar menghargai rutinitas dan kebutuhan hewan sebagai makhluk hidup yang juga membutuhkan perhatian.

**17. Menjadi Model Awal untuk Sistem Berbasis Data dan Analitik.** Penggunaan sensor load cell dan ultrasonik memberikan data real-time yang dapat dicatat dan dianalisis lebih lanjut. Dalam pengembangan berikutnya, data ini dapat digunakan untuk:

- Melihat kebiasaan makan kucing.
- Mendeteksi perubahan perilaku.
- Memberikan laporan kepada dokter hewan bila diperlukan.

Manfaat ini membuka jalan untuk alat pemantau kesehatan hewan berbasis data di masa depan.

**18. Mengembangkan Kemandirian Teknologi Lokal.** Dengan merancang alat dari awal menggunakan komponen yang tersedia di pasar lokal (seperti Arduino, servo motor, load cell), masyarakat dapat belajar untuk tidak bergantung pada teknologi impor yang mahal dan kompleks. Ini menciptakan budaya teknologi mandiri di kalangan pelajar, mahasiswa, maupun komunitas DIY (*Do It Yourself*).

**19. Mempercepat Transformasi Digital dalam Kehidupan Rumah Tangga.** Alat *Cat Pour* bisa dianggap sebagai bagian dari proses transformasi digital dalam kehidupan rumah tangga, di mana aktivitas manual beralih ke otomatisasi yang terprogram. Semakin banyak rumah tangga yang menggunakan sistem seperti ini, semakin dekat masyarakat pada ekosistem *smart living*.

**20. Menginspirasi Gerakan Inovasi Sosial dan Teknologi.** Proyek ini tidak hanya menciptakan alat, tetapi juga dapat menjadi pemicu gerakan inovasi sosial dan teknologi, di mana individu atau komunitas mulai merancang solusi atas masalah sehari-hari dengan teknologi yang dapat diakses semua kalangan. *Cat Pour* membuktikan bahwa inovasi tidak harus mahal atau kompleks—cukup dimulai dari kepedulian terhadap masalah kecil yang nyata di sekitar kita.

**21. Meningkatkan Inklusivitas Teknologi untuk Masyarakat Umum.** Salah satu hambatan terbesar dalam adopsi teknologi oleh masyarakat umum adalah kesan bahwa teknologi itu rumit dan mahal. Alat *Cat Pour* membuktikan bahwa siapa pun—termasuk pemilik hewan peliharaan di daerah dengan akses terbatas terhadap teknologi canggih—dapat memiliki perangkat otomatis yang sederhana namun fungsional. Inklusivitas ini mendorong partisipasi lebih luas dari berbagai kalangan masyarakat dalam era digital.

**22. Mendukung Gaya Hidup Modern yang Serba Cepat dan Mobile.** Dalam era urbanisasi dan mobilitas tinggi, banyak orang yang memiliki pekerjaan dengan jam kerja panjang, sering bepergian keluar kota, atau tinggal sendiri. Alat ini sangat sesuai dengan gaya hidup modern

tersebut, karena mampu menggantikan tugas rutin yang kecil namun penting—seperti memberi makan kucing—dengan sistem otomatis yang dapat diandalkan.

**23. Memberikan Rasa Tenang dan Aman bagi Pemilik Hewan.** Pemilik kucing sering kali merasa cemas meninggalkan hewan peliharaan mereka sendirian di rumah. Dengan alat *Cat Pour*, pemilik bisa lebih tenang karena tahu bahwa kucing mereka tetap mendapatkan makan secara teratur dan dalam jumlah yang tepat. Rasa aman ini berdampak langsung pada kesejahteraan mental pemilik, terutama saat mereka sedang bepergian jauh.

**24. Dapat Disesuaikan untuk Hewan Lain (Modifikasi Fungsi).** Meskipun awalnya dirancang untuk kucing, prinsip kerja alat ini dapat dengan mudah dimodifikasi untuk hewan peliharaan lain seperti anjing kecil, kelinci, atau bahkan ayam. Cukup dengan menyesuaikan ukuran wadah, jenis pakan, dan volume keluaran, alat ini bisa menjadi sistem pemberian pakan multi-spesies yang fleksibel dan efisien.

**25. Mendorong Budaya Berbagi Inovasi *Open-Source*.** Dengan memanfaatkan platform terbuka seperti Arduino dan komponen umum seperti load cell dan servo, *Cat Pour* mendorong semangat berbagi inovasi antar komunitas. Pengguna dapat mengakses, memodifikasi, dan menyebarkan skematik atau kode sumber alat ini secara bebas, yang mempercepat penyebaran teknologi dan peningkatan versi oleh komunitas global.

**26. Meningkatkan Kesadaran Terhadap Pentingnya Dokumentasi Proyek.** Dalam proses perancangan dan implementasi *Cat Pour*, dokumentasi menjadi bagian penting. Baik itu dokumentasi teknis, wiring diagram, pseudocode, hingga laporan hasil uji, semua melatih pengguna untuk tertib dalam mendokumentasikan pekerjaan mereka. Ini adalah kebiasaan baik yang sangat dihargai dalam dunia akademik maupun industri.

**27. Potensi Integrasi dengan Teknologi *Internet of Things (IoT)*.** Meski pada tahap awal alat ini bersifat semi-otomatis, pengembangan ke depan bisa diarahkan pada integrasi dengan **IoT**. Contohnya:

- Pemilik bisa memantau jumlah pakan dari jarak jauh.
- Menyesuaikan jadwal makan lewat aplikasi.
- Menerima notifikasi saat pakan hampir habis.

Dengan potensi ini, *Cat Pour* bisa menjadi awal dari sistem rumah pintar yang saling terhubung.

**28. Melatih Pemikiran Logis dan Sistematis dalam Pemecahan Masalah.** Proyek seperti *Cat Pour* mengajarkan bagaimana merancang solusi dari awal dengan pendekatan sistematis. Mulai dari mengidentifikasi masalah, merancang alur logika, memilih komponen, menyusun program, hingga menguji sistem secara menyeluruh. Ini memberikan pengalaman langsung dalam menerapkan metode rekayasa untuk menyelesaikan masalah nyata.

**29. Menyediakan Alternatif Ramah Disabilitas untuk Pemilik Kucing.** Alat ini bisa sangat membantu pemilik kucing yang mengalami keterbatasan fisik (misalnya lansia atau disabilitas tangan) dalam memberi makan hewan peliharaan mereka. Dengan otomatisasi, mereka tidak perlu membuka wadah pakan atau menuang pakan secara manual, yang dapat meningkatkan kemandirian dan kenyamanan hidup mereka.

**30. Menjadi Portofolio Kuat untuk Karier di Bidang Teknologi.** Bagi pelajar, mahasiswa, atau hobiis teknologi, menyelesaikan proyek seperti *Cat Pour* dapat dijadikan portofolio nyata. Dokumentasi lengkap proyek ini bisa ditampilkan saat melamar kerja, magang, atau beasiswa, menunjukkan bahwa mereka tidak hanya memahami teori, tetapi mampu menerapkannya dalam bentuk nyata dan bermanfaat.

### **31. Memberikan Peluang Kolaborasi Multidisiplin**

Pembuatan *Cat Pour* membuka ruang kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu:

- **Teknik elektro & mekatronika:** untuk sistem kendali dan sensorik.
- **Teknik mesin:** untuk perancangan mekanik wadah dan aktuator.
- **Desain produk:** untuk ergonomi dan estetika.
- **Teknik informatika:** untuk pengembangan logika dan potensi antarmuka aplikasi.
- **Lingkungan:** untuk memilih material yang ramah lingkungan.

Kolaborasi ini tidak hanya memperkaya hasil akhir, tetapi juga membangun keterampilan kerja tim lintas disiplin.

**32. Dapat Diintegrasikan dengan Kamera atau Sistem Pemantauan Visual.** Pengembangan lanjutan dari *Cat Pour* dapat mencakup integrasi dengan **kamera mini** atau modul **AI vision**, seperti ESP32-CAM. Ini akan memungkinkan alat mendeteksi kehadiran kucing secara visual dan mengidentifikasi apakah hewan sudah makan atau belum. Dengan demikian, sistem bisa menjadi lebih pintar dan adaptif terhadap kebiasaan unik tiap kucing.

**33. Mengurangi Ketergantungan pada Alat Impor Berharga Mahal.** Di pasar, terdapat banyak alat pemberi pakan otomatis buatan luar negeri yang harganya cukup tinggi dan sering tidak sesuai dengan kebutuhan lokal. Dengan membuat sendiri, pengguna bisa menyesuaikan fitur dengan kebutuhan dan kemampuan finansial masing-masing. Hal ini juga memperkuat daya saing produk teknologi lokal buatan anak bangsa.

**34. Menjadi Media Workshop atau Pelatihan Teknologi untuk Masyarakat.** Banyak komunitas atau instansi yang menyelenggarakan pelatihan keterampilan teknologi. *Cat Pour* adalah proyek ideal untuk dijadikan materi workshop karena:

- Mudah dipahami.
- Dapat diselesaikan dalam beberapa sesi.
- Hasil akhirnya bermanfaat langsung.

Pelatihan ini bisa menyasar pelajar, guru, komunitas pecinta hewan, atau masyarakat umum yang tertarik belajar teknologi praktis.

**35. Mempromosikan Perawatan Hewan yang Bertanggung Jawab.** Penggunaan alat ini menunjukkan bahwa pemilik kucing memperhatikan aspek waktu, kuantitas, dan konsistensi dalam merawat hewannya. Ini dapat menjadi contoh bagi masyarakat luas tentang bagaimana tanggung jawab terhadap hewan peliharaan dapat dijalankan secara modern dan efisien.

**36. Mendorong Penerapan Prinsip Daur Ulang dan Rekayasa Ulang.** Komponen dan struktur dari alat *Cat Pour* dapat dengan mudah dibongkar dan digunakan ulang untuk keperluan lain. Misalnya, sensor ultrasonik dapat digunakan untuk sistem parkir otomatis, load cell untuk



timbangan digital, dan servo untuk proyek robotika. Dengan demikian, alat ini menjadi sarana pembelajaran berkelanjutan yang tidak berhenti pada satu fungsi saja.

### **37. Mendorong Pengembangan Dokumentasi Visual (YouTube, Blog, eBook)**

Karena sifatnya aplikatif dan menarik, proyek ini sangat cocok untuk didokumentasikan secara visual. Mahasiswa, pelajar, atau content creator teknologi dapat membuat:

- Tutorial YouTube step-by-step.
- Panduan eBook open source.
- Blog yang menjelaskan logika kerja dan pemrograman.

Ini akan memperkaya ekosistem pembelajaran digital yang kini menjadi semakin penting.

**38. Memberikan Dampak Ekonomi Melalui Produk DIY (*Do It Yourself*).** Alat seperti *Cat Pour* dapat diproduksi dan dijual dalam bentuk kit DIY (paket rakit sendiri). Ini membuka peluang bisnis rumahan berbasis edukasi, di mana pembeli bisa mendapatkan perangkat sekaligus pengalaman belajar merakitnya sendiri. Segmentasi ini cocok untuk komunitas homeschool, pecinta kucing, dan penggemar DIY.

**39. Meningkatkan Apresiasi Terhadap Karya Teknologi Lokal.** Ketika masyarakat melihat bahwa alat seperti ini dapat dibuat dengan alat sederhana dan komponen lokal, akan tumbuh rasa apresiasi terhadap potensi anak bangsa. Ini akan memperkuat semangat untuk mendukung produk-produk dalam negeri, yang penting dalam mewujudkan kemandirian teknologi nasional.

**40. Menjadi Cikal Bakal Ekosistem Teknologi Perawatan Hewan di Indonesia.** Dengan semakin banyaknya proyek seperti *Cat Pour*, bukan tidak mungkin Indonesia bisa membangun ekosistem produk teknologi yang mendukung kesejahteraan hewan. Dari alat makan otomatis, pemantauan kesehatan, hingga sistem pengawasan kandang, semua bisa tumbuh dari proyek kecil yang sederhana namun berdampak besar.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



## 2.1 Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler Arduino Nano adalah sebuah papan mikrokontroler kecil berbasis chip ATmega328P yang dirancang untuk mengendalikan sistem elektronik secara otomatis. Ukurannya yang compact membuat Arduino Nano sangat cocok digunakan dalam proyek yang memerlukan perangkat elektronik berukuran ringkas, seperti prototipe sistem tertanam dan aplikasi Internet of Things (IoT). Arduino Nano memiliki berbagai pin input/output digital dan analog yang memungkinkan penghubungan dengan berbagai sensor dan aktuator, serta dapat diprogram menggunakan perangkat lunak Arduino IDE untuk menjalankan berbagai fungsi sesuai kebutuhan proyek.

### 2.1.1 Pengertian Arduino Nano

Mikrokontroler merupakan komponen elektronik yang memiliki fungsi sebagai pusat pengendali dalam berbagai sistem elektronik dan sistem tertanam (embedded system). Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam proyek-proyek elektronik modern adalah **Arduino Nano**. Arduino Nano adalah mikrokontroler berbasis **ATmega328P** yang berukuran kecil namun memiliki kemampuan yang cukup lengkap untuk berbagai aplikasi.

Arduino Nano dirancang agar mudah digunakan dan diintegrasikan dengan berbagai sensor dan modul tambahan. Dengan dimensi fisik yang ringkas (**sekitar 45 mm × 18 mm**), Arduino Nano sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ruang terbatas, seperti perangkat portabel dan sistem Internet of Things (IoT). Arduino Nano menyediakan 14 pin digital input/output, 8 pin input analog, serta beberapa fitur komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C yang memungkinkan pertukaran data dengan perangkat lain secara efisien.

Selain itu, Arduino Nano bekerja pada tegangan operasi 5 Volt dan menggunakan clock berkecepatan 16 MHz yang memberikan kecepatan pemrosesan yang memadai untuk berbagai kebutuhan pemrograman. Modul ini juga dilengkapi dengan memori flash sebesar 32 KB untuk menyimpan program, serta SRAM dan EEPROM untuk penyimpanan data sementara maupun permanen.

Dalam penggunaannya, Arduino Nano berfungsi untuk menerima sinyal dari sensor, memproses data berdasarkan program yang telah dibuat, dan mengirimkan sinyal output untuk mengendalikan aktuator atau perangkat lain. Kemudahan pemrograman melalui Arduino IDE dan dukungan komunitas yang luas menjadikan Arduino Nano pilihan ideal dalam pengembangan sistem prototipe maupun produk akhir.

Dengan karakteristik tersebut, Arduino Nano sangat sesuai digunakan dalam berbagai proyek seperti sistem otomatisasi, pengendalian perangkat elektronik, sistem monitoring, dan aplikasi

IoT. Oleh karena itu, pada penelitian atau proyek ini, Arduino Nano dipilih sebagai mikrokontroler utama untuk mengendalikan dan memproses data dari sensor-sensor yang digunakan.

### 2.1.2 Spesifikasi Teknis Arduino Nano

Tabel di bawah ini merangkum spesifikasi teknis utama dari Arduino Nano:

Spesifikasi	Nilai
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Operasional	5 V
Tegangan Input (disarankan)	7–12 V
Tegangan Input (batas)	6–20 V
Jumlah Pin Digital I/O	14 (6 pin mendukung PWM)
Jumlah Pin Analog Input	8
Jumlah Pin PWM	6 (D3, D5, D6, D9, D10, D11)
Kecepatan Clock	16 MHz
Memori Flash	32 KB (2 KB digunakan oleh bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Arsitektur	AVR 8-bit
Antarmuka Pemrograman	USB Mini-B
Ukuran	45 mm × 18 mm

Sekitar 7 gram

### 2.1.3 Keunggulan Arduino Nano

1. Ukuran	Kompak
Dengan bentuk yang kecil dan ringan, Arduino Nano sangat cocok digunakan pada proyek-proyek yang membutuhkan efisiensi ruang, seperti perangkat portabel, drone, dan sistem otomatisasi rumah skala kecil.	

2. Kompatibilitas	Perangkat Lunak
<p>Karena menggunakan ATmega328P, Arduino Nano sepenuhnya kompatibel dengan Arduino Uno dari segi pemrograman. Semua sketsa (program) yang ditulis untuk Arduino Uno dapat dijalankan pada Arduino Nano tanpa perubahan berarti.</p>	

3. Konsumsi	Daya	Rendah
Arduino Nano memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, terutama saat dikonfigurasi untuk <i>sleep mode</i> . Ini sangat penting dalam aplikasi yang mengandalkan baterai atau sumber daya terbatas.		

4. **Integrasi** **Mudah** **dengan** **Breadboard**  
 Arduino Nano dapat dipasang langsung ke breadboard, sehingga mempermudah proses eksperimen dan pengembangan rangkaian elektronik.

5. <b>Harga</b>	<b>Terjangkau</b>
Dibandingkan dengan papan mikrokontroler lain, Arduino Nano memiliki harga yang cukup ekonomis, menjadikannya pilihan ideal untuk prototipe dan proyek skala kecil.	

#### 2.1.4 Penerapan Arduino Nano dalam Proyek *Cat Pour*

Dalam proyek **Cat Pour**, sebuah alat pemberi pakan kucing otomatis berbasis mikrokontroler, Arduino Nano berperan sebagai otak utama dari sistem. Sistem ini melibatkan beberapa komponen, seperti:

- **Sensor ultrasonik HC-SR04:** untuk mendeteksi keberadaan kucing di depan tempat makan.
- **Load cell + modul HX711:** untuk mengukur berat pakan yang sudah dikeluarkan.
- **Servo motor:** untuk membuka dan menutup katup tempat pakan secara presisi.

Arduino Nano menerima input dari sensor ultrasonik yang mendeteksi gerakan atau keberadaan kucing. Ketika kucing terdeteksi dan waktu pemberian pakan sudah sesuai, Arduino akan memeriksa berat pakan yang tersedia menggunakan data dari load cell. Jika pakan belum mencukupi, Arduino Nano akan mengaktifkan motor servo untuk membuka katup dan menuangkan pakan.

Seluruh logika pengambilan keputusan, komunikasi antar sensor, dan kontrol motor dijalankan sepenuhnya oleh Arduino Nano berdasarkan kode program yang ditanamkan ke dalamnya.

Selain itu, Arduino Nano juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung fitur Internet of Things (IoT) dengan menambahkan modul komunikasi seperti **ESP8266** atau **HC-05 Bluetooth**, sehingga pengguna dapat memantau dan mengendalikan alat dari jarak jauh melalui smartphone.

### 2.1.5 Diagram Koneksi Sistem

Berikut adalah ilustrasi koneksi antar komponen dalam sistem Cat Pour (deskripsi tanpa gambar):

1. Pin D2 dan D3: Terhubung ke trigger dan echo sensor ultrasonik HC-SR04.
2. Pin A0: Terhubung ke modul HX711 (data dari load cell).

3. Pin D9: Terhubung ke motor servo untuk pengontrol katup.
4. VCC dan GND: Menyediakan daya ke semua sensor dan modul.
5. Port USB: Digunakan untuk pemrograman dan juga dapat menyuplai daya dari adaptor atau komputer.

### 2.1.6 Perbandingan Arduino Nano dengan Mikrokontroler Lain

Parameter	Arduino Nano	Arduino Uno	ESP32	Raspberry Pi Pico
Ukuran	Kecil (45x18 mm)	Sedang (68x53 mm)	Kecil–Sedang	Kecil
Mikrokontroler	ATmega328P	ATmega328P	Tensilica Xtensa dual-core	RP2040
Clock Speed	16 MHz	16 MHz	Hingga 240 MHz	Hingga 133 MHz
Jumlah I/O	22 (14 D, 8 A)	20 (14 D, 6 A)	>30	26 GPIO
WiFi/Bluetooth	Tidak ada (perlu modul tambahan)	Tidak ada	Ada	Tidak ada
Tegangan Operasional	5V	5V	3.3V	3.3V
Kemudahan Pemakaian	Sangat mudah	Sangat mudah	Sedikit lebih kompleks	Mudah
Harga	Rendah	Sedang	Bervariasi	Rendah

Berdasarkan tabel di atas, Arduino Nano lebih unggul dari segi ukuran dan kemudahan pemakaian pada sistem sederhana, sementara ESP32 unggul dalam hal performa dan konektivitas. Pemilihan papan mikrokontroler disesuaikan dengan kebutuhan sistem; dalam kasus *Cat Pour*, Arduino Nano sudah mencukupi dan optimal.

### 2.1.7 Tantangan dan Solusi dalam Penggunaan Arduino Nano

Beberapa tantangan umum saat menggunakan Arduino Nano dalam proyek meliputi:

1. **Keterbatasan Memori**  
Memori Flash hanya 32 KB dapat menjadi kendala jika proyek melibatkan pustaka (library) yang besar. Solusinya adalah mengoptimalkan kode, menghapus library yang tidak perlu, dan menggunakan fungsi yang efisien.
2. **Jumlah Pin Terbatas**  
Pada proyek yang membutuhkan banyak input/output, jumlah pin Arduino Nano dapat menjadi kurang. Solusi: menggunakan **expander I/O** seperti IC 74HC595 atau multiplexer.
3. **Keterbatasan Tegangan dan Arus**  
Setiap pin hanya mampu menyuplai arus hingga 40 mA. Untuk mengontrol beban besar seperti motor DC atau aktuator, perlu digunakan driver atau relay eksternal.

### 2.1.8 Potensi Pengembangan

Arduino Nano memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam sistem *Cat Pour* dengan fitur seperti:

1. **Real-time Clock (RTC):** Untuk menjadwalkan pemberian pakan secara otomatis berdasarkan waktu.
2. **Tampilan LCD/OLED:** Untuk menampilkan informasi waktu, berat pakan, atau notifikasi.

**Konektivitas IoT:** Menggunakan modul WiFi (ESP8266) agar alat bisa dikontrol dari jarak jauh melalui aplikasi atau dashboard web.



3. **Fitur suara atau lampu indikator:** Memberikan notifikasi kepada pengguna atau kucing saat pakan akan keluar.

### 2.1.9 Kesimpulan

Arduino Nano adalah solusi mikrokontroler yang efisien, ringkas, dan mudah digunakan untuk berbagai proyek otomatisasi skala kecil. Dalam proyek *Cat Pour*, Arduino Nano berperan sebagai pusat kendali yang mengatur proses pemberian pakan secara otomatis berdasarkan data dari sensor dan logika sistem. Dengan spesifikasi yang cukup mumpuni, konsumsi daya rendah, serta kemudahan integrasi, Arduino Nano sangat cocok untuk aplikasi seperti alat pemberi pakan otomatis, khususnya yang membutuhkan dimensi kecil dan sistem sederhana.

## 2.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

**Sensor Ultrasonik HC-SR04** adalah sensor elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara (seperti sonar), dan umum digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti robotika, sistem parkir otomatis, alat ukur jarak, dan proyek berbasis mikrokontroler seperti Arduino.

### Komponen dan Cara Kerja:

Sensor HC-SR04 terdiri dari dua bagian utama:

1. **Transmitter (Trig):** Mengirimkan gelombang ultrasonik (dengan frekuensi sekitar 40 kHz).
2. **Receiver (Echo):** Menerima gelombang pantul dari objek di depan sensor.

### Langkah Kerja:

1. **Mengirim Sinyal:** Pin **Trig** diberi pulsa selama 10 mikrodetik, yang menyebabkan sensor mengirimkan 8 gelombang ultrasonik.
2. **Menerima Pantulan:** Gelombang ini akan memantul jika mengenai objek, lalu ditangkap oleh **Echo**.

3. **Menghitung Jarak:** Waktu dari saat gelombang dikirim hingga diterima kembali digunakan untuk menghitung jarak objek menggunakan rumus:
- $$\text{Jarak (cm)} = \text{Waktu Tempuh } (\mu\text{s}) \times 0,03432$$
- $$\text{Jarak (cm)} = 2 \times \text{Waktu Tempuh } (\mu\text{s}) \times 0,0343$$
- (0,0343 cm/ $\mu$ s adalah kecepatan suara di udara; dibagi 2 karena sinyal menempuh jarak dua arah: ke objek dan kembali).

## 2.3 Load Cell dan Modul HX711

Load cell adalah sensor atau alat ukur yang digunakan untuk mengukur gaya atau berat suatu benda. Umumnya, load cell digunakan dalam timbangan digital, sistem pemantauan beban, dan alat-alat industri yang membutuhkan pengukuran berat secara akurat.

### Cara Kerja Load Cell (Secara Umum)

Load cell bekerja dengan cara mengubah tekanan atau gaya menjadi sinyal listrik. Saat beban diletakkan pada load cell:

1. Bagian logam di dalamnya akan sedikit melengkung karena tekanan dari beban.
2. Di bagian logam ini terpasang komponen kecil bernama strain gauge (semacam kawat tipis).
3. Saat logam melengkung, strain gauge ikut tertarik atau tertekan → menyebabkan perubahan resistansi listrik.
4. Perubahan resistansi ini menghasilkan perubahan tegangan listrik.
5. Tegangan tersebut sangat kecil dan perlu diperkuat agar bisa dibaca oleh alat seperti Arduino (biasanya dengan bantuan modul HX711).

Modul HX711 adalah modul ADC (Analog to Digital Converter) 24-bit yang dirancang khusus untuk membaca sinyal dari sensor Load Cell.

Modul ini digunakan untuk:

- Memperkuat sinyal listrik yang sangat kecil dari load cell.
- Mengubah sinyal analog tersebut menjadi data digital agar bisa dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau Raspberry Pi.

#### **Cara Kerja Sederhana HX711:**

1. **Load cell** menghasilkan tegangan kecil saat menerima beban.
2. **HX711 memperkuat tegangan tersebut** dan mengubahnya menjadi data digital.
3. **Data digital dikirim ke Arduino** melalui pin DT dan SCK.
4. **Arduino mengolah data tersebut** menjadi nilai berat (misalnya gram atau kilogram).

#### **2.2.1 Prinsip Kerja**

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan salah satu jenis sensor jarak yang paling umum digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler karena kemudahannya dalam implementasi dan biayanya yang rendah. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara di luar jangkauan pendengaran manusia, yang dikenal sebagai gelombang ultrasonik. HC-SR04 menggunakan frekuensi gelombang ultrasonik sebesar 40 kHz, yang dikirimkan melalui komponen pemancar (transmitter) menuju suatu objek di depannya. Ketika gelombang ini mengenai objek, gelombang akan dipantulkan kembali dan diterima oleh komponen penerima (receiver).

Proses pengukuran jarak dimulai ketika mikrokontroler memberikan sinyal pemicu (trigger) ke pin TRIG dari sensor. Sinyal ini berupa pulsa logika tinggi (HIGH) dengan durasi minimal 10 mikrodetik. Setelah menerima sinyal ini, sensor akan secara otomatis mengirimkan delapan gelombang ultrasonik berfrekuensi 40 kHz. Sensor kemudian menunggu pantulan gelombang tersebut ditangkap oleh receiver. Ketika pantulan diterima, pin ECHO pada sensor akan berubah menjadi HIGH selama durasi waktu tempuh gelombang dari sensor ke objek dan kembali.

Waktu yang diperlukan gelombang untuk kembali ke sensor dicatat oleh mikrokontroler dan digunakan untuk menghitung jarak menggunakan rumus:

Pembagian dengan dua dilakukan karena waktu tempuh yang dicatat adalah waktu bolak-balik dari sensor ke objek dan kembali ke sensor.

Sensor HC-SR04 sangat andal dalam mengukur jarak dengan presisi hingga milimeter, dan memiliki banyak aplikasi dalam berbagai sistem otomatisasi, termasuk robotika, sistem keamanan, serta sistem monitoring otomatis seperti proyek Cat Pour.

### 2.2.2 Spesifikasi Teknis

Sensor HC-SR04 memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut:

Parameter	Nilai
Tegangan Operasi	5V DC
Arus Operasi	<15 mA
Frekuensi Operasi	40 kHz
Jarak Deteksi	2 cm – 400 cm
Akurasi	$\pm 3$ mm
Sudut Deteksi	$\pm 15$ derajat
Waktu Respons	<50 ms
Ukuran Fisik	$\pm 45$ mm x 20 mm x 15 mm
Interface	TTL Level Trigger & Echo
Kondisi Operasional	Suhu: $-15^{\circ}\text{C}$ hingga $+70^{\circ}\text{C}$

Sensor ini menggunakan antarmuka digital sederhana, yakni pin TRIG untuk memicu pengiriman gelombang dan pin ECHO sebagai output durasi waktu pantulan. Kombinasi ini membuatnya mudah diintegrasikan dengan berbagai jenis mikrokontroler termasuk Arduino Nano, Uno, Mega, ESP32, dan lainnya.

Sudut deteksi sensor yang relatif sempit ( $\pm 15$  derajat) memberikan keuntungan dalam hal akurasi karena hanya objek yang berada tepat di depannya yang akan terdeteksi. Ini menjadikannya

sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan deteksi yang fokus dan tidak menyebar, seperti dalam proyek Cat Pour.

### **2.2.3 Aplikasi dalam Sistem Cat Pour**

Dalam proyek "Cat Pour", sensor HC-SR04 memiliki dua peran penting yang menunjang fungsionalitas alat pemberi pakan kucing otomatis agar bekerja dengan cerdas dan efisien. Adapun dua aplikasi utamanya adalah sebagai berikut:

#### **A. Deteksi Kehadiran Kucing**

Salah satu fitur penting dari sistem Cat Pour adalah kemampuan untuk mendeteksi kehadiran kucing di depan alat. Sensor HC-SR04 ditempatkan menghadap ke area mangkuk makan, sehingga dapat mengukur apakah ada objek (dalam hal ini kucing) dalam jarak tertentu. Ketika sensor mendeteksi objek dalam jarak misalnya 5 hingga 30 cm, sistem menginterpretasikan bahwa kucing sedang berada di depan alat dan mungkin sedang meminta makan.

Dengan logika ini, alat hanya akan mengeluarkan makanan jika benar-benar ada kucing yang sedang berada di tempat makan. Ini memberikan efisiensi luar biasa karena pakan tidak akan dikeluarkan secara sia-sia ketika mangkuk kosong atau ketika kucing tidak sedang berada di lokasi. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung konsep berkelanjutan dengan mengurangi pemborosan makanan dan menjaga kebersihan area makan kucing.

#### **B. Deteksi Keberadaan Mangkuk**

Selain digunakan untuk mendeteksi kehadiran kucing, sensor HC-SR04 juga dapat difungsikan untuk memastikan bahwa mangkuk makanan berada pada posisinya yang benar. Hal ini sangat penting, karena jika mangkuk bergeser, miring, atau tidak berada di tempatnya, makanan yang dikeluarkan bisa tumpah ke lantai, menyebabkan pemborosan dan menimbulkan potensi masalah kebersihan.

Dengan menempatkan sensor pada sudut strategis, Arduino Nano dapat melakukan pengecekan otomatis terhadap keberadaan wadah makanan sebelum perintah pemberian pakan dijalankan. Jika sensor tidak mendeteksi pantulan dalam jarak yang telah ditentukan (misalnya  $> 50$  cm), maka sistem mengasumsikan bahwa mangkuk tidak berada di tempatnya dan proses pemberian pakan akan dibatalkan atau ditunda.

#### **C. Integrasi Sensor dengan Mikrokontroler dan Komponen Lain**

Sensor HC-SR04 bekerja secara sinergis dengan komponen lain seperti servo motor, load cell, dan mikrokontroler Arduino Nano. Alur sistemnya secara umum adalah sebagai berikut:

1. Arduino mengirimkan sinyal ke pin TRIG untuk memicu pengukuran.

2. Sensor mengukur jarak dan mengirimkan durasi waktu pantulan melalui pin ECHO.
3. Arduino menghitung jarak menggunakan rumus konversi waktu ke centimeter.
4. Jika jarak yang dideteksi sesuai dengan kriteria kehadiran kucing dan mangkuk:
  - Arduino memerintahkan servo untuk membuka pintu pakan.
  - Load cell mulai mengukur berat makanan yang keluar.
  - Ketika berat makanan mencapai target, servo ditutup.

Proses ini menjadikan sistem Cat Pour sebagai alat pemberi pakan otomatis yang berbasis pada kondisi aktual di sekitar alat, bukan hanya berbasis waktu seperti banyak alat sejenis.

Dengan menggunakan sensor HC-SR04, Cat Pour tidak hanya menjadi alat pemberi makan, tetapi juga sebuah sistem pintar yang mampu merespons kondisi nyata secara real time. Hal ini meningkatkan kenyamanan bagi pemilik hewan peliharaan dan memperkuat nilai teknologi dalam kehidupan sehari-hari.

### **2.3.1 Prinsip Kerja Load Cell**

Load cell adalah sensor yang digunakan untuk mengukur gaya atau berat dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Tipe load cell yang digunakan dalam Cat Pour adalah strain gauge, yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan tekanan.

### **2.3.2 Modul HX711**

HX711 adalah modul ADC (Analog to Digital Converter) dengan resolusi tinggi yang dirancang untuk bekerja dengan load cell. Modul ini memiliki kemampuan untuk membaca sinyal dalam skala mikrovolt, sangat cocok untuk mendeteksi perubahan berat kecil seperti makanan kucing.

### **2.3.3 Fungsi dalam Cat Pour**

Load cell berfungsi untuk mengukur berat makanan yang keluar dari wadah utama ke mangkuk. Data ini kemudian digunakan oleh Arduino untuk menghentikan pemberian pakan saat berat yang ditargetkan telah tercapai.

## **2.4 Servo Motor**

### **2.4.1 Pengertian Servo**

Servo motor adalah aktuator berjenis motor DC yang telah dilengkapi dengan sistem kontrol posisi. Servo memiliki kelebihan berupa gerakan presisi, respons cepat, dan mudah dikendalikan dengan sinyal PWM.

Servo motor adalah perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai aktuator putar, dirancang dengan sistem kontrol umpan balik tertutup (closed-loop) untuk mengatur posisi sudut poros output secara presisi. Biasanya, servo motor terdiri dari motor DC, serangkaian gear untuk meningkatkan torsi, potensiometer sebagai sensor posisi, dan rangkaian kontrol yang mengatur gerakan berdasarkan sinyal masukan. Sinyal kontrol ini umumnya berupa sinyal PWM (Pulse Width Modulation), di mana lebar pulsa menentukan posisi sudut yang diinginkan.

Keunggulan utama servo motor meliputi kemampuan untuk menghasilkan gerakan yang presisi, respons yang cepat terhadap perubahan sinyal kontrol, dan kemudahan dalam pengendalian melalui sinyal PWM. Selain itu, servo motor mampu mempertahankan posisi dengan stabil meskipun terdapat gangguan atau beban tambahan, berkat sistem umpan balik yang terus-menerus memantau dan menyesuaikan posisi poros output. Hal ini menjadikan servo motor sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan kontrol posisi yang akurat, seperti dalam robotika, sistem otomasi industri, dan perangkat kendali presisi lainnya.

#### **2.4.2 Spesifikasi**

1. Tegangan kerja: 4.8 – 6.0 V
2. Sudut rotasi: 0°–180°
3. Waktu respons cepat ( $\approx 0.1$  s/60°)
4. Torsi: 1.8–3 kg/cm tergantung tipe

#### **2.4.3 Fungsi dalam Cat Pour**

Servo digunakan untuk menggerakkan pintu mekanik pada saluran keluaran pakan. Saat diberi sinyal oleh Arduino, servo membuka saluran untuk mengalirkan pakan, dan menutupnya setelah berat pakan mencukupi berdasarkan pembacaan dari load cell.

### **2.5 Kayu Triplek sebagai Material Rangka**

#### **2.5.1 Karakteristik Kayu Triplek**

Triplek adalah produk kayu olahan berbentuk lembaran yang terdiri dari beberapa lapisan veneer yang direkatkan dengan arah serat yang saling bersilangan. Karakteristiknya adalah:

1. Tahan terhadap perubahan bentuk
2. Lebih kuat dibanding MDF
3. Ringan dan mudah dikerjakan

4. Dapat dipotong dan dibentuk dengan alat pertukangan dasar

### **2.5.2 Alasan Pemilihan**

Kayu triplek digunakan sebagai bahan rangka karena memberikan keseimbangan antara kekuatan, ketersediaan, biaya, dan kemudahan pengerjaan. Bentuk dan ukuran yang tercantum dalam gambar teknik (tinggi 400 mm, lebar 200 mm, kedalaman 162 mm) memungkinkan kayu triplek untuk dibentuk menjadi struktur vertikal dan luncuran dengan sudut yang ergonomis bagi kucing.

### **2.5.3 Ketersediaan dan Efisiensi Biaya**

Kayu triplek merupakan salah satu material konstruksi yang paling mudah ditemukan di pasaran Indonesia. Ketersediaannya yang melimpah di toko-toko bangunan lokal menjadikannya pilihan utama bagi banyak pengrajin dan kontraktor. Selain itu, triplek tersedia dalam berbagai ukuran dan ketebalan, memungkinkan fleksibilitas dalam pemilihan sesuai kebutuhan proyek.

Dari segi biaya, triplek menawarkan efisiensi yang signifikan. Dibandingkan dengan kayu solid atau material olahan lainnya, triplek memiliki harga yang lebih terjangkau tanpa mengorbankan kualitas strukturalnya. Hal ini menjadikannya solusi ekonomis untuk berbagai aplikasi, mulai dari pembuatan furnitur hingga konstruksi bangunan semi permanen.

### **2.5.4 Kemudahan dalam Proses Pengerjaan**

Salah satu keunggulan utama kayu triplek adalah kemudahannya dalam proses pengerjaan. Material ini dapat dipotong, dibor, dan dibentuk dengan alat pertukangan dasar, seperti gergaji tangan, bor listrik, dan pahat. Tekstur permukaannya yang halus juga memudahkan dalam proses finishing, seperti pengecatan atau pelapisan dengan veneer.

Kemudahan ini tidak hanya mempercepat waktu pengerjaan, tetapi juga memungkinkan pengrajin untuk menyesuaikan desain sesuai kebutuhan spesifik proyek. Misalnya, dalam pembuatan struktur vertikal dan luncuran untuk hewan peliharaan, triplek dapat dibentuk dengan sudut dan ukuran yang ergonomis, memastikan kenyamanan dan keamanan bagi hewan tersebut.

### **2.5.5 Ketahanan dan Keandalan Struktural**

Triplek memiliki struktur berlapis dengan arah serat yang bersilangan, memberikan kekuatan dan stabilitas yang superior dibandingkan dengan material kayu olahan lainnya. Struktur ini membuat triplek tahan terhadap tekanan, lenturan, dan beban berat, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi struktural

Selain itu, triplek memiliki ketahanan yang baik terhadap perubahan suhu dan kelembaban, mengurangi risiko deformasi seperti melengkung atau retak. Beberapa jenis triplek bahkan



dilengkapi dengan lapisan pelindung tambahan yang meningkatkan ketahanannya terhadap air dan serangan hama, seperti rayap. Dengan perawatan yang tepat, struktur yang terbuat dari triplek dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama, memberikan nilai investasi yang tinggi bagi pemiliknya.

## **2.6 Konsep Otomatisasi dan IoT Sederhana**

### **2.6.1 Otomatisasi Rumah Tangga**

Perkembangan teknologi telah memungkinkan rumah tangga mengintegrasikan berbagai perangkat otomatis seperti smart lamp, smart lock, dan smart feeder. Cat Pour adalah bentuk otomatisasi yang bertujuan meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam memelihara hewan.

Perkembangan teknologi telah memungkinkan rumah tangga mengintegrasikan berbagai perangkat otomatis seperti smart lamp, smart lock, dan smart feeder. Salah satu inovasi dalam otomatisasi perawatan hewan peliharaan adalah Cat Pour, sebuah sistem pemberian makan otomatis yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam memelihara hewan.

Cat Pour memungkinkan pemilik hewan untuk mengatur jadwal makan secara presisi, mengontrol porsi makanan, dan bahkan memantau aktivitas hewan melalui kamera yang terintegrasi. Beberapa model smart feeder, seperti IT Smart Feeder PE02, dilengkapi dengan fitur kamera Full HD, voice notes, dan push notification yang membantu pemilik tetap terhubung dengan hewan peliharaan mereka meskipun sedang tidak berada di rumah. Selain itu, fitur seperti Anti Food Dampness menjaga makanan tetap segar, sementara kapasitas penyimpanan yang besar memungkinkan pemberian makan otomatis selama beberapa hari tanpa perlu pengisian ulang.

Dengan integrasi teknologi ini, Cat Pour tidak hanya mempermudah rutinitas pemberian makan, tetapi juga memberikan ketenangan pikiran bagi pemilik hewan, memastikan bahwa kebutuhan nutrisi hewan peliharaan terpenuhi secara konsisten dan tepat waktu. Inovasi semacam ini mencerminkan bagaimana teknologi dapat berperan penting dalam meningkatkan kualitas hidup baik bagi hewan peliharaan maupun pemiliknya.

### **2.6.2 Potensi IoT**

Meskipun Cat Pour tidak terkoneksi internet pada tahap awal, konsep ini sangat memungkinkan untuk ditingkatkan menjadi perangkat IoT dengan tambahan modul WiFi seperti ESP8266. Dengan begitu, pemilik dapat memonitor dan mengendalikan alat dari jarak jauh melalui ponsel.

### **2.6.3 Integrasi dengan Aplikasi dan Platform Pintar**

CatPour memiliki potensi untuk diintegrasikan dengan berbagai aplikasi dan platform pintar, seperti Blynk, Senric Pro, atau Google Assistant. Dengan menggunakan modul Wi-Fi seperti ESP8266, pengguna dapat mengontrol dan memantau perangkat dari jarak jauh melalui aplikasi di smartphone. Misalnya, proyek DIY yang menggunakan ESP8266 dan aplikasi Blynk memungkinkan pemilik hewan untuk mengatur jadwal pemberian makan dan memantau status makanan secara real-time.

Integrasi dengan platform seperti Google Assistant juga memungkinkan kontrol suara, memberikan kenyamanan tambahan bagi pengguna. Dengan demikian, CatPour tidak hanya berfungsi sebagai alat pemberi makan otomatis, tetapi juga sebagai bagian dari ekosistem rumah pintar yang lebih luas.

#### **2.6.4 Personalisasi dan Interaksi Langsung dengan Hewan Peliharaan**

Fitur personalisasi, seperti perekaman pesan suara, memungkinkan pemilik hewan untuk berinteraksi langsung dengan hewan peliharaan mereka, bahkan saat tidak berada di rumah. Beberapa feeder pintar, seperti PETKIT YumShare, memungkinkan pengguna merekam pesan suara hingga 20 detik yang akan diputar saat makanan disajikan, membantu hewan merasa lebih nyaman dan terhubung dengan pemiliknya.

Selain itu, fitur notifikasi melalui aplikasi dapat memberitahu pemilik tentang berbagai kondisi, seperti makanan yang hampir habis, gangguan pada perangkat, atau kebutuhan penggantian desiccant bag, memastikan pemilik selalu mendapatkan informasi terkini tentang kondisi perangkat dan kebutuhan hewan peliharaan mereka.

#### **2.6.5 Keamanan dan Ketahanan Sistem**

Keamanan dan ketahanan sistem merupakan aspek penting dalam desain CatPour. Beberapa feeder pintar dilengkapi dengan sistem anti-macet yang mencegah makanan tersumbat, serta desain kedap udara untuk menjaga kesegaran makanan. Misalnya, PETKIT YumShare menggunakan teknologi anti-blokir dan sistem penguncian ganda untuk memastikan makanan tetap segar dan tidak terkontaminasi.

Selain itu, fitur cadangan daya, seperti baterai darurat, memastikan perangkat tetap berfungsi meskipun terjadi pemadaman listrik, memberikan ketenangan pikiran bagi pemilik hewan peliharaan.

#### **2.6.6 Potensi Pengembangan di Masa Depan**

CatPour memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur-fitur canggih, seperti integrasi dengan kamera pengawas, analisis pola makan hewan, dan pengingat kesehatan. Dengan menambahkan modul kamera, pemilik dapat memantau aktivitas hewan peliharaan secara langsung dan memastikan mereka makan dengan baik. Analisis data pola

makan dapat membantu dalam mengidentifikasi perubahan perilaku makan yang mungkin menandakan masalah kesehatan.

Integrasi dengan platform kesehatan hewan peliharaan juga memungkinkan pengingat untuk vaksinasi, pemeriksaan rutin, dan kebutuhan medis lainnya, menjadikan CatPour sebagai alat yang tidak hanya memberikan makanan, tetapi juga mendukung kesehatan dan kesejahteraan hewan peliharaan secara keseluruhan.

## **2.7 Studi Terdahulu dan Proyek Serupa**

### **2.7.1 Proyek Open Source Pakan Otomatis**

Beberapa komunitas seperti Arduino.cc dan Instructables telah membagikan berbagai proyek feeder otomatis yang umumnya berbasis Arduino Uno dan ESP32. Namun, kebanyakan menggunakan bahan plastik, 3D printing, atau botol bekas. “Cat Pour” menawarkan pendekatan berbeda dengan kayu sebagai bahan utama dan ukuran yang telah diatur secara presisi.

### **2.7.2 Penelitian Akademik**

Terdapat penelitian dari perguruan tinggi yang membahas otomatisasi pakan ternak berbasis IoT, namun belum banyak yang fokus pada skala rumah tangga dan hewan peliharaan khususnya kucing. Proyek ini menjembatani kebutuhan praktis dengan pendekatan ilmiah dan teknik.

### **2.7.3 Studi Kasus: Penerapan IoT dalam Pemberian Pakan Kucing**

Penelitian oleh Nurul Aulia Dewi dari STMIK "AMIKBANDUNG" mengembangkan alat pemberi pakan kucing otomatis berbasis IoT yang dapat dipantau melalui aplikasi Android. Sistem ini memungkinkan penjadwalan pemberian pakan dan pemantauan berat pakan secara real-time, dengan tingkat keberhasilan pengeluaran pakan sebesar 95,62% dan rata-rata error 4,38% atau selisih sekitar 1-3 gram dari berat porsi pakan yang dimasukkan pengguna.

Studi lain oleh Muhammad Aksyal Bambang Suseno dari Universitas Pendidikan Indonesia merancang pet feeder berbasis IoT yang dikontrol melalui aplikasi Android. Alat ini memiliki fitur pemberian pakan manual dan penjadwalan, dengan rata-rata output pakan 83,2 gram untuk mode manual dan 66,9 gram untuk mode penjadwalan.

---

### **2.7.4 Integrasi Sensor dan Aplikasi dalam Sistem Feeder**

Lilik Hari Santoso dan tim dari Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco mengembangkan tempat pakan kucing otomatis berbasis IoT yang dikendalikan oleh mikrokontroler Wemos D1, motor servo, dan sensor load cell. Sistem ini terintegrasi dengan aplikasi Blynk untuk monitoring dan kontrol jarak

jauh, memungkinkan pengukuran berat pakan dan pengendalian pemberian pakan sesuai kondisi yang ditetapkan pengguna.

Penelitian oleh Legina Praba Ayu dan tim mengembangkan perangkat pemberi makan kucing otomatis berbasis IoT yang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dua buah load cell, dan aplikasi Blynk. Alat ini dilengkapi dengan kamera pemantau yang memungkinkan pemilik melihat keadaan sekitar alat dan hewan peliharaan secara real-time melalui aplikasi.

---

#### **2.7.5 Penggunaan Platform Komunikasi Alternatif**

Putri Ayu Rengganis Suganda dan Ari Mulyoto dari Universitas Pamulang merancang alat pemberi pakan hewan peliharaan otomatis yang dikendalikan melalui Telegram Bot. Sistem ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan motor servo untuk mengoperasikan pemberian pakan, memberikan alternatif platform komunikasi selain aplikasi khusus.

---

#### **2.7.6 Pengembangan Prototipe Feeder Berbasis IoT**

Penelitian oleh Mohammad Fahrul Fahrudin dan tim dari Universitas Islam Kadiri mengembangkan prototipe alat pemberi makan kucing otomatis berbasis IoT. Sistem ini memungkinkan pengaturan jadwal makan dan pemantauan jumlah makanan yang tersisa, dengan rata-rata selisih pembacaan sensor load cell sebesar 1,2 gram dibandingkan timbangan digital.

---

#### **2.7.7 Implementasi Sistem Monitoring dan Penjadwalan**

Muhammad Rizky Imam P. dari Telkom University merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan pemberi pakan kucing otomatis berbasis Android. Sistem ini menggunakan algoritma penjadwalan non-preemptive dan mikrokontroler NodeMCU yang terintegrasi dengan smartphone Android, memungkinkan kontrol dan monitoring pakan kucing dari jarak jauh.

---

#### **2.7.8 Evaluasi Kinerja Sistem Pemberi Pakan Otomatis**

Penelitian oleh Muhammad Angga Ramadhan dan tim dari Telkom University mengevaluasi kinerja sistem monitoring dan pemberi pakan kucing otomatis berbasis IoT. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HCSR04, dan motor servo, dengan pengujian selama 3 hari menunjukkan bahwa alat berfungsi dengan baik sesuai jadwal yang ditentukan, dengan rata-rata kesalahan sebesar 11,2% dalam jumlah pakan yang dikeluarkan.

---

### **2.7.9 Integrasi Platform Blynk dalam Sistem Feeder**

Richwen Canady dan tim dari Pradita University merancang alat pemberi makan hewan peliharaan pintar menggunakan mikrokontroler ESP32 dan platform Blynk. Perangkat ini menawarkan fitur pemberian makan otomatis dan manual jarak jauh, serta pemantauan real-time makanan yang tersedia melalui aplikasi mobile Blynk.

---

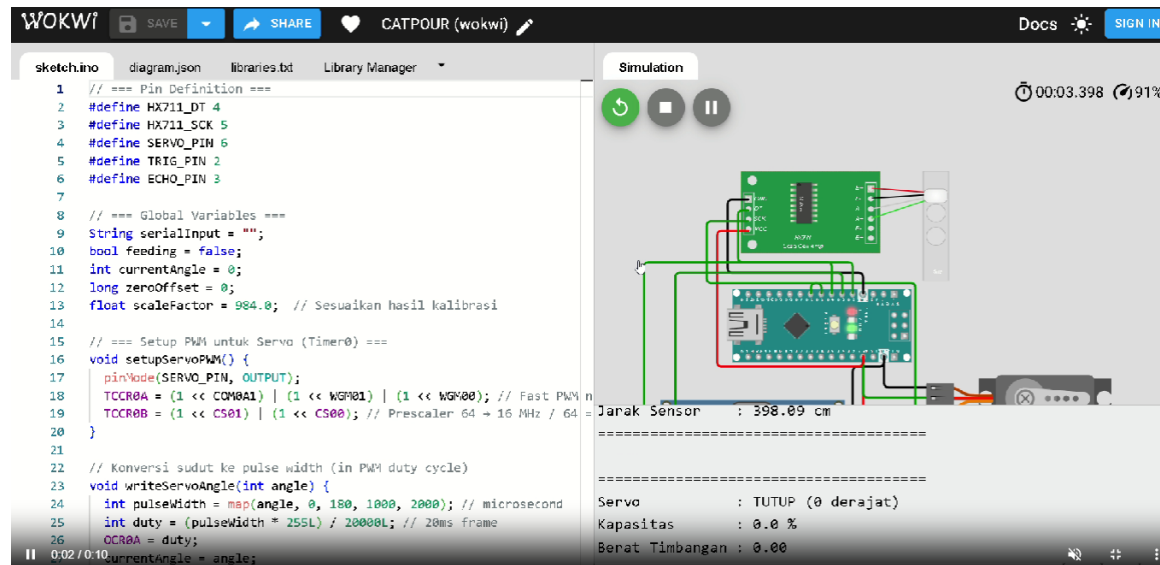
### **2.7.10 Perbandingan dengan Proyek CatPour**

Dari berbagai studi dan proyek yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa mayoritas sistem pemberi pakan otomatis menggunakan bahan plastik atau hasil cetak 3D sebagai material utama. Dalam hal ini, CatPour menawarkan pendekatan yang berbeda dengan menggunakan kayu sebagai bahan utama, memberikan estetika yang lebih alami dan integrasi yang lebih baik dengan lingkungan rumah. Selain itu, CatPour dirancang dengan ukuran yang telah diatur secara presisi, memastikan kenyamanan dan keamanan bagi hewan peliharaan.

Dalam aspek teknologi, CatPour memiliki potensi untuk diintegrasikan dengan berbagai platform pintar dan aplikasi, seperti Blynk atau Google Assistant, memungkinkan kontrol dan monitoring dari jarak jauh. Dengan penambahan modul WiFi seperti ESP8266, sistem ini dapat ditingkatkan menjadi perangkat IoT yang lebih canggih, memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pemilik hewan peliharaan dalam mengatur jadwal makan dan memantau aktivitas hewan mereka.

# BAB III PEMROGRAMAN CATPOUR

## 3.1 Pendahuluan



Pemrograman adalah jantung dan otak dari sistem otomatisasi CatPour, menjadi fondasi utama yang memungkinkan seluruh fungsi perangkat berjalan cerdas dan otonom. Tanpa kode program yang terstruktur dan logis, CatPour hanyalah kumpulan komponen elektronik pasif. Dalam proyek inovatif ini, mikrokontroler Arduino Nano dipilih sebagai pusat kendali utama, bertindak layaknya seorang konduktor yang menyelaraskan setiap instrumen dalam orkestra. Arduino Nano bertanggung jawab penuh dalam mengatur semua proses secara sekuensial dan paralel, mulai dari menerima dan menginterpretasikan masukan data dari berbagai sensor hingga menerjemahkan data tersebut menjadi serangkaian instruksi spesifik yang kemudian dikirimkan kepada aktuator untuk melakukan tindakan fisik.

Untuk mewujudkan fungsionalitas kompleks ini, bahasa pemrograman C/C++ digunakan. Pilihan ini sangat strategis mengingat keunggulan C/C++ dalam hal efisiensi, kontrol tingkat rendah terhadap perangkat keras, dan performa tinggi yang sangat dibutuhkan dalam sistem *embedded*. Seluruh kode program dikembangkan, dikompilasi, dan diunggah melalui platform Arduino IDE (Integrated Development Environment) yang ramah pengguna. Arduino IDE menyediakan lingkungan yang intuitif bagi pengembang untuk menulis kode, mengelola *library*, serta memfasilitasi proses *debugging* dan *upload* ke mikrokontroler.

Fokus utama pemrograman CatPour adalah untuk menciptakan sebuah sistem yang mampu memberikan pakan secara otomatis, terjadwal, dan terukur. Ini bukan sekadar mekanisme *on/off* sederhana; program harus mampu menentukan kapan pakan harus diberikan (berdasarkan jadwal), berapa banyak pakan yang harus dikeluarkan (berdasarkan berat), dan kondisi lingkungan

seperti apa yang harus dipenuhi (misalnya, keberadaan mangkuk). Lebih jauh lagi, pengembangan kode sangat mempertimbangkan efisiensi energi agar perangkat dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama dengan sumber daya terbatas. Keandalan kerja sistem juga menjadi prioritas, memastikan bahwa setiap proses berjalan konsisten dan tidak mudah mengalami *crash* atau *bug*. Terakhir, ketepatan logika sistem menjadi fundamental; setiap keputusan yang diambil oleh mikrokontroler harus didasarkan pada alur berpikir yang presisi dan tidak ambigu, sehingga CatPour dapat berfungsi secara efektif dalam berbagai skenario dan memberikan pengalaman terbaik bagi hewan peliharaan serta pemiliknya. Melalui pemrograman yang cermat, CatPour berevolusi dari sekadar prototipe menjadi solusi pakan otomatis yang cerdas dan dapat diandalkan.

## 3.2 Struktur Umum Program

Kode program yang menggerakkan sistem CatPour dirancang dengan struktur yang modular dan terorganisir, mempermudah pemahaman, pengembangan, dan pemeliharaan. Secara umum, program dibagi menjadi beberapa bagian utama yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam menjalankan otomatisasi pemberian pakan:

### Inisialisasi Perangkat Keras

Bagian pertama dari kode program didedikasikan untuk inisialisasi perangkat keras. Ini adalah fondasi di mana seluruh sistem akan dibangun. Pada tahap ini, semua pin input/output (I/O) yang terhubung ke sensor dan aktuator didefinisikan dengan jelas. Misalnya, pin digital untuk sensor ultrasonik HC-SR04 (Trigger dan Echo), pin untuk komunikasi dengan modul HX711 load cell (Data dan Clock), serta pin Pulse Width Modulation (PWM) untuk servo motor akan dideklarasikan. Selain itu, bagian ini juga mencakup pengaturan awal untuk komunikasi serial, yang sangat berguna untuk *debugging* dan pemantauan data secara *real-time* melalui Serial Monitor di Arduino IDE. Pendefinisian yang rapi di awal kode ini memastikan bahwa mikrokontroler mengetahui lokasi dan fungsi setiap komponen yang terhubung.

### Fungsi setup()

Fungsi setup() adalah blok kode yang hanya akan dieksekusi satu kali ketika Arduino Nano pertama kali dihidupkan atau di-reset. Ini adalah tempat yang ideal untuk melakukan persiapan awal yang krusial bagi operasi sistem. Di dalam fungsi setup(), komunikasi serial akan diinisialisasi dengan *baud rate* tertentu (misalnya, `Serial.begin(9600)`), memungkinkan Arduino untuk mengirimkan data diagnostik ke komputer. Selanjutnya, konfigurasi pin dilakukan, di mana setiap pin yang telah didefinisikan sebelumnya akan diatur apakah berfungsi sebagai *input* (untuk sensor) atau *output* (untuk aktuator). Contohnya, pin Trigger HC-SR04 akan diatur sebagai *output*, sedangkan pin Echo-nya sebagai *input*. Yang tidak kalah penting, kalibrasi awal sensor juga sering dilakukan di sini, terutama untuk load cell yang memerlukan penyesuaian *offset* atau *scale* agar

pembacaan berat akurat sejak awal sistem beroperasi. Semua langkah dalam `setup()` ini memastikan bahwa sistem siap untuk menjalankan logika utamanya.

## **2.8 Fungsi `setup()` dalam Sistem CatPour**

Dalam pengembangan sistem otomatisasi seperti CatPour, fungsi `setup()` pada platform Arduino memainkan peran krusial dalam memastikan bahwa semua komponen perangkat keras dan perangkat lunak siap beroperasi dengan optimal sejak awal. Fungsi ini hanya dijalankan sekali, yaitu saat Arduino pertama kali dinyalakan atau di-reset, dan bertanggung jawab untuk melakukan inisialisasi awal sistem.

### **2.8.1 Inisialisasi Komunikasi Serial**

Langkah pertama dalam fungsi `setup()` adalah menginisialisasi komunikasi serial antara Arduino dan komputer atau perangkat lain. Hal ini memungkinkan pengiriman data diagnostik, debugging, atau informasi lainnya selama pengembangan dan pengujian sistem. Contohnya, dengan menggunakan perintah `Serial.begin(9600);`, Arduino akan mulai berkomunikasi pada baud rate 9600 bps.

### **2.8.2 Konfigurasi Pin Input dan Output**

Setelah komunikasi serial diinisialisasi, langkah berikutnya adalah mengatur mode kerja setiap pin yang digunakan dalam sistem. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi sebagai input atau output tergantung pada peranannya:

- **Sensor Ultrasonik HC-SR04:** Pin Trigger dikonfigurasi sebagai output untuk mengirimkan sinyal ultrasonik, sedangkan pin Echo dikonfigurasi sebagai input untuk menerima pantulan sinyal tersebut.
- **Load Cell dengan Modul HX711:** Pin data dan clock dari modul HX711 dikonfigurasi sebagai input untuk membaca sinyal dari load cell.
- **Servo Motor:** Pin yang terhubung ke sinyal kontrol servo dikonfigurasi sebagai output untuk mengendalikan posisi servo.

Pengaturan ini dilakukan menggunakan fungsi `pinMode()`, seperti `pinMode(triggerPin, OUTPUT);` atau `pinMode(echoPin, INPUT);`.

### **2.8.3 Kalibrasi Sensor Load Cell**

Load cell merupakan komponen penting dalam sistem CatPour untuk mengukur berat pakan yang tersedia. Namun, sensor ini memerlukan kalibrasi awal untuk memastikan akurasi pengukuran. Kalibrasi meliputi penyesuaian offset dan skala (scale factor) agar pembacaan berat sesuai dengan



nilai sebenarnya. Proses kalibrasi ini biasanya dilakukan dalam fungsi `setup()` agar sistem siap melakukan pengukuran yang akurat sejak awal operasi.

#### 2.8.4 Inisialisasi Perpustakaan (Library) Tambahan

Sistem CatPour mungkin menggunakan berbagai perpustakaan tambahan untuk mempermudah pengendalian komponen, seperti:

- **Servo.h**: Untuk mengendalikan servo motor dengan mudah.
- **HX711.h**: Untuk membaca data dari modul HX711 yang terhubung ke load cell.
- **Ultrasonic.h**: Untuk mempermudah pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04.

Inisialisasi perpustakaan ini dilakukan dalam fungsi `setup()` untuk memastikan bahwa semua fungsi dan metode yang diperlukan tersedia selama operasi sistem.

#### 2.8.5 Penjadwalan Waktu dan Timer

Jika sistem CatPour dirancang untuk memberikan pakan pada waktu-waktu tertentu, maka penjadwalan waktu perlu diatur dalam fungsi `setup()`. Hal ini dapat melibatkan inisialisasi modul RTC (Real-Time Clock) seperti DS3231 untuk menjaga akurasi waktu, atau menggunakan fungsi `millis()` untuk penjadwalan berbasis waktu internal Arduino.

#### 2.8.6 Inisialisasi Status Awal Sistem

Sebelum sistem mulai beroperasi, penting untuk menetapkan status awal dari berbagai variabel dan komponen. Misalnya, memastikan bahwa servo motor berada pada posisi tertutup, indikator LED dalam keadaan mati, dan variabel status sistem diatur ke mode siaga. Hal ini mencegah perilaku tak terduga saat sistem mulai berjalan.

#### 2.8.7 Contoh Implementasi Fungsi `setup()`

Berikut adalah contoh implementasi fungsi `setup()` dalam sistem CatPour:

```
#include <Servo.h>
```

```
#include "HX711.h"
```

```
#include <Ultrasonic.h>
```

```
// Definisi pin
```

```
const int triggerPin = 9;
```

```
const int echoPin = 10;
```

```
const int servoPin = 6;

const int loadCellDoutPin = 3;

const int loadCellSckPin = 2;


// Inisialisasi objek

Servo pakanServo;

HX711 scale;

Ultrasonic ultrasonic(triggerPin, echoPin);


void setup() {

    // Inisialisasi komunikasi serial

    Serial.begin(9600);


    // Konfigurasi pin

    pinMode(triggerPin, OUTPUT);

    pinMode(echoPin, INPUT);

    pinMode(servoPin, OUTPUT);


    // Inisialisasi servo

    pakanServo.attach(servoPin);

    pakanServo.write(0); // Posisi awal tertutup


    // Inisialisasi load cell

    scale.begin(loadCellDoutPin, loadCellSckPin);

    scale.set_scale(); // Sesuaikan dengan nilai kalibrasi

    scale.tare(); // Reset berat awal ke nol
```

```
// Inisialisasi sensor ultrasonik

// Tidak diperlukan konfigurasi tambahan jika menggunakan library Ultrasonic.h


// Inisialisasi status sistem

// Misalnya, mengatur variabel status ke mode siaga
}
```

Dengan struktur seperti di atas, fungsi `setup()` memastikan bahwa semua komponen sistem CatPour siap beroperasi dengan kondisi awal yang tepat, memungkinkan fungsi `loop()` untuk menjalankan logika utama otomatisasi dengan lancar.

### **2.8.8 Pentingnya Fungsi `setup()` dalam Sistem Otomatisasi**

Fungsi `setup()` bukan hanya sekadar inisialisasi; ia merupakan fondasi dari keseluruhan sistem otomatisasi. Kesalahan atau kelalaian dalam konfigurasi awal dapat menyebabkan malfungsi, pembacaan sensor yang tidak akurat, atau bahkan kerusakan pada komponen. Oleh karena itu, perhatian khusus harus diberikan dalam merancang dan mengimplementasikan fungsi `setup()` untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

---

Dengan pemahaman mendalam tentang fungsi `setup()`, pengembang dapat merancang sistem otomatisasi seperti CatPour yang lebih stabil, responsif, dan andal dalam jangka panjang.

### **Loop Utama: Fungsi `loop()`**

Setelah fungsi `setup()` selesai dieksekusi, program akan masuk ke fungsi `loop()`. Seperti namanya, blok kode ini akan berjalan secara terus-menerus dan berulang selama Arduino Nano mendapatkan daya. Ini adalah jantung operasional dari sistem CatPour, di mana semua logika utama otomatisasi reside. Di dalam `loop()`, mikrokontroler secara berkala melakukan pembacaan dari sensor, seperti membaca jarak dari HC-SR04 untuk mendeteksi mangkuk, dan membaca berat pakan dari load cell melalui HX711. Berdasarkan data sensor ini, program akan melakukan pengambilan keputusan yang cerdas. Misalnya, jika mangkuk terdeteksi dan waktu sesuai jadwal serta pakan di bawah ambang batas, maka program akan memicu pengaktifan servo motor untuk mengeluarkan pakan. Fungsi `loop()` juga bertanggung jawab untuk mempertahankan mode siaga

ketika tidak ada kondisi yang memerlukan tindakan, menjamin efisiensi energi dan responsivitas sistem secara keseluruhan.

## 2.8 Loop Utama: Fungsi loop()

Setelah fungsi setup() selesai dieksekusi, program Arduino akan memasuki fungsi loop(). Fungsi ini merupakan inti dari sistem CatPour, karena di sinilah semua logika utama otomatisasi dijalankan secara berulang selama mikrokontroler mendapatkan daya. Fungsi loop() akan terus berulang, memungkinkan program untuk merespons perubahan kondisi secara real-time.

### 2.8.1 Struktur dan Peran Fungsi loop()

Fungsi loop() pada Arduino berfungsi sebagai pengganti fungsi main() dalam bahasa pemrograman C/C++. Setelah setup() selesai, loop() akan dieksekusi berulang kali, memungkinkan program untuk terus memantau dan merespons input dari sensor atau perubahan kondisi lainnya. ([arduino.cc](https://www.arduino.cc))

Dalam konteks CatPour, fungsi loop() bertanggung jawab untuk:

1. **Pembacaan Sensor:** Secara berkala membaca data dari sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan kucing dan dari sensor load cell melalui modul HX711 untuk mengukur berat pakan.
2. **Pengambilan Keputusan:** Berdasarkan data sensor, program menentukan apakah perlu mengaktifkan servo motor untuk mengeluarkan pakan, mempertimbangkan faktor seperti waktu, keberadaan kucing, dan berat pakan yang tersisa.
3. **Mode Siaga:** Ketika tidak ada kondisi yang memerlukan tindakan, sistem akan berada dalam mode siaga untuk menghemat energi dan memastikan responsivitas saat diperlukan.

### 2.8.2 Implementasi Logika dalam Fungsi loop()

Untuk mengelola kompleksitas sistem, fungsi loop() dapat dipecah menjadi beberapa fungsi pendukung yang masing-masing menangani tugas spesifik. Contoh implementasi dalam CatPour:

```
void loop() {  
  
  bacaSensorUltrasonik();  
  
  bacaSensorLoadCell();  
  
  evaluasiKondisi();  
  
  kontrolServoMotor();  
}
```

```
    delay(100); // Delay singkat untuk stabilitas
}
```

Dalam struktur ini:

- `bacaSensorUltrasonik()`: Membaca jarak dari sensor HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan kucing.
- `bacaSensorLoadCell()`: Mengukur berat pakan yang tersisa di mangkuk.
- `evaluasiKondisi()`: Menentukan apakah kondisi memenuhi syarat untuk pemberian pakan.
- `kontrolServoMotor()`: Mengaktifkan servo motor untuk mengeluarkan pakan jika diperlukan.

### 2.8.3 Manajemen Waktu dan Penjadwalan

Untuk menghindari penggunaan fungsi `delay()` yang dapat menghambat responsivitas sistem, CatPour dapat menggunakan teknik penjadwalan non-blokir dengan fungsi `millis()`. Contoh:

```
unsigned long waktuSebelumnya = 0;
```

```
const long interval = 3600000; // 1 jam
```

```
void loop() {
    unsigned long waktuSekarang = millis();
    if (waktuSekarang - waktuSebelumnya >= interval) {
        waktuSebelumnya = waktuSekarang;
        evaluasiKondisi();
    }

    bacaSensorUltrasonik();
    bacaSensorLoadCell();
    kontrolServoMotor();
}
```

Dengan pendekatan ini, sistem dapat melakukan tugas-tugas lainnya sambil menunggu waktu tertentu untuk evaluasi kondisi, meningkatkan efisiensi dan responsivitas.

#### 2.8.4 Penanganan Keadaan dan Responsifitas

Untuk mengelola berbagai keadaan sistem, CatPour dapat menggunakan pendekatan finite state machine (FSM). Contoh implementasi:

```
enum StatusSistem { SIAGA, MEMBERI_PAKAN, MENUNGGU };
```

```
StatusSistem statusSaatIni = SIAGA;
```

```
void loop() {  
    switch (statusSaatIni) {  
        case SIAGA:  
            if (kucingTerdeteksi() && waktuMakan()) {  
                statusSaatIni = MEMBERI_PAKAN;  
            }  
            break;  
        case MEMBERI_PAKAN:  
            kontrolServoMotor();  
            statusSaatIni = MENUNGGU;  
            break;  
        case MENUNGGU:  
            if (waktuTungguSelesai()) {  
                statusSaatIni = SIAGA;  
            }  
            break;  
    }  
}
```

Dengan FSM, sistem dapat berpindah antar keadaan secara terstruktur, memudahkan pengelolaan logika kompleks dan meningkatkan keandalan sistem.

#### 2.8.5 Integrasi dengan Fitur Tambahan

Fungsi `loop()` juga dapat diperluas untuk mengintegrasikan fitur tambahan seperti konektivitas WiFi, notifikasi ke aplikasi mobile, atau pengumpulan data untuk analisis lebih lanjut. Dengan menambahkan modul seperti ESP8266, CatPour dapat menjadi bagian dari ekosistem Internet of Things (IoT), memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh.

---

Dengan struktur dan implementasi yang tepat, fungsi `loop()` dalam CatPour dapat memastikan sistem berjalan secara efisien, responsif, dan dapat diandalkan dalam memenuhi kebutuhan pemberian pakan otomatis untuk hewan peliharaan.

### Fungsi Tambahan (Custom Functions)

Selain struktur inti `setup()` dan `loop()`, kode program CatPour juga memanfaatkan fungsi-fungsi tambahan (custom functions). Ini adalah blok-blok kode terpisah yang dirancang untuk melakukan tugas-tugas spesifik dan dapat dipanggil berulang kali dari dalam `loop()` atau dari fungsi lain. Pendekatan ini sangat penting untuk modularitas dan keterbacaan kode, menghindari duplikasi dan membuat program lebih mudah dikelola. Contoh fungsi tambahan yang umum meliputi:

1. **Fungsi pembacaan jarak dari HC-SR04:** Fungsi ini akan mengelola seluruh proses pengiriman pulsa, penghitungan waktu pantulan, dan konversi ke nilai jarak dalam sentimeter.
2. **Fungsi pengukuran berat dari load cell HX711:** Fungsi ini akan mengurus komunikasi dengan modul HX711, mendapatkan nilai *raw*, dan mengkonversinya menjadi berat yang dapat dibaca dalam gram atau kilogram.
3. **Fungsi kontrol servo motor:** Fungsi ini akan menerima parameter posisi atau durasi, lalu mengirimkan sinyal PWM yang sesuai ke servo untuk membuka atau menutup jalur pakan.

Dengan memisahkan fungsionalitas ini ke dalam fungsi-fungsi terpisah, kode menjadi lebih bersih, lebih mudah diuji, dan memungkinkan pengembang untuk fokus pada satu tugas pada satu waktu, meningkatkan efisiensi dan kualitas keseluruhan program CatPour.

## 3.3 Inisialisasi Komponen

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah komponen vital dalam sistem CatPour, yang secara cerdas digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek, baik itu mangkuk pakan yang diletakkan di area makan maupun kehadiran kucing yang mendekati tempat pakan. Dengan kemampuannya mengirimkan gelombang suara frekuensi tinggi dan mengukur waktu pantulannya, sensor ini

memungkinkan sistem untuk secara akurat menentukan jarak objek, sehingga CatPour dapat mengambil keputusan apakah kondisi sudah tepat untuk pengeluaran pakan atau tidak.

Sementara itu, modul HX711 bekerja sama dengan load cell untuk membentuk sistem pengukuran berat yang presisi. Load cell sendiri adalah transduser yang mengubah gaya (berat) menjadi sinyal listrik kecil. Karena sinyal ini terlalu lemah untuk dibaca langsung oleh mikrokontroler, modul HX711 berperan sebagai jembatan: ia menguatkan sinyal analog dari load cell dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat dipahami oleh Arduino. Kombinasi keduanya memungkinkan CatPour membaca berat pakan yang ada di dalam mangkuk secara real-time, sehingga sistem dapat mengeluarkan pakan dalam jumlah yang tepat dan menghentikan pengeluaran saat berat yang diinginkan telah tercapai, mencegah pemborosan atau kekurangan pakan.

Terakhir, servo motor adalah aktuator kunci yang berfungsi sebagai mekanisme pembuka dan penutup saluran pakan. Dikendalikan secara presisi oleh Arduino melalui sinyal PWM, servo motor dapat berputar ke posisi yang telah ditentukan untuk membuka katup saluran pakan, memungkinkan pakan mengalir keluar dari wadah penyimpanan menuju mangkuk. Setelah jumlah pakan yang sesuai terdeteksi oleh load cell, servo motor akan segera diperintahkan untuk kembali ke posisi semula, menutup rapat saluran pakan dan menghentikan aliran, memastikan distribusi pakan yang terukur dan tepat waktu.

### 3.4 Pengembangan Fitur Tambahan

Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan akan fungsionalitas yang lebih canggih, fitur pemrograman pada sistem CatPour memiliki potensi pengembangan yang luas untuk meningkatkan kapabilitas dan pengalaman pengguna secara signifikan. Integrasi komponen-komponen tambahan dapat mengubah CatPour dari sekadar *feeder* otomatis menjadi perangkat pintar yang lebih interaktif dan adaptif.

Salah satu pengembangan krusial adalah penambahan RTC (Real-Time Clock) Module. Saat ini, penjadwalan waktu pada CatPour mungkin bergantung pada timer internal Arduino yang bisa rentan terhadap *reset* atau kehilangan waktu akurat saat daya terputus. Dengan modul RTC, CatPour akan memiliki penjadwalan waktu berbasis jam yang independen dan presisi tinggi, seperti jam digital pada umumnya. Modul ini dilengkapi dengan baterai kecil sehingga waktu akan tetap berjalan akurat meskipun CatPour mati atau listrik padam. Hal ini memastikan jadwal pemberian pakan yang konsisten dan andal tanpa perlu pengaturan ulang manual setiap kali perangkat dihidupkan kembali.



Pengembangan penting lainnya adalah implementasi EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). Saat ini, konfigurasi seperti jadwal makan mungkin tersimpan secara *hardcoded* dalam program atau hilang setiap kali Arduino di-reset. Dengan EEPROM, CatPour dapat menyimpan data konfigurasi seperti jadwal makan, ambang batas berat pakan, atau pengaturan lainnya secara permanen meskipun daya terputus. Ini berarti pengguna dapat mengatur preferensi satu kali, dan pengaturan tersebut akan tetap tersimpan hingga diubah kembali, menjadikan perangkat lebih *user-friendly* dan mengurangi kebutuhan untuk memprogram ulang Arduino setiap kali ada perubahan kecil.

Untuk membawa CatPour ke era *smart home*, penambahan antarmuka IoT (Internet of Things) menggunakan modul ESP8266 atau ESP32 akan menjadi langkah revolusioner. Modul-modul ini menyediakan konektivitas WiFi atau Bluetooth, membuka pintu bagi kontrol jarak jauh dan pemantauan sistem dari mana saja. Pengguna dapat menerima notifikasi *real-time* ke *smartphone* mereka mengenai status pakan, kondisi alat, atau bahkan jika kucing telah makan. Mereka juga dapat mengubah jadwal pakan, memicu pemberian pakan manual, atau memantau riwayat pemberian pakan melalui aplikasi seluler. Konektivitas IoT tidak hanya meningkatkan kenyamanan tetapi juga memberikan lapisan pengawasan tambahan, memastikan hewan peliharaan selalu terawat dengan baik.

Terakhir, untuk meningkatkan interaksi langsung dengan perangkat, penambahan LCD (Liquid Crystal Display) atau OLED (Organic Light-Emitting Diode) Display akan sangat bermanfaat. Layar ini berfungsi sebagai antarmuka visual yang memberikan informasi penting mengenai status alat secara langsung, seperti waktu saat ini, jadwal pemberian pakan berikutnya, jumlah pakan yang tersisa di wadah, apakah mangkuk terdeteksi, atau bahkan pesan kesalahan jika terjadi masalah. Tampilan visual ini mengurangi ketergantungan pada Serial Monitor untuk *debugging* dan memungkinkan pengguna untuk mengkonfirmasi status CatPour secara cepat dan intuitif tanpa perlu terhubung ke komputer.

### 3.5 Kesimpulan

Pemrograman sistem CatPour didesain dengan tujuan utama untuk menghasilkan sebuah alat pemberi pakan otomatis yang tidak hanya responsif terhadap kondisi lingkungan dan kebutuhan pakan, tetapi juga akurat dalam jumlah yang dikeluarkan, dan andal dalam pengoperasiannya sehari-hari. Ini berarti sistem harus mampu mendeteksi keberadaan mangkuk dengan cepat, mengukur berat pakan dengan presisi tinggi, dan mengaktifkan mekanisme pengeluaran pakan tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan.

Pencapaian tujuan ini dimungkinkan melalui pendekatan modular dalam struktur program. Mirip dengan menyusun balok-balok LEGO, setiap fungsi dan komponen perangkat lunak dirancang sebagai unit terpisah yang memiliki tugas spesifik dan terdefinisi dengan jelas. Pendekatan

modular ini membawa keuntungan signifikan: sistem dapat dengan mudah dikembangkan dan disesuaikan lebih lanjut tanpa perlu merombak keseluruhan perangkat. Jika ingin menambahkan fitur baru, seperti konektivitas IoT atau tampilan layar, pengembang hanya perlu menambahkan modul kode yang relevan dan mengintegrasikannya ke dalam struktur yang sudah ada, tanpa khawatir mengganggu fungsi inti yang sudah berjalan. Demikian pula, jika ada bagian yang memerlukan perbaikan atau *upgrade*, hanya modul terkait yang perlu dimodifikasi, meminimalkan risiko kesalahan dan mempercepat proses pengembangan.

Lebih lanjut, struktur kode yang sederhana dan efisien menjadi prioritas utama. Ini berarti kode ditulis dengan cara yang bersih, mudah dibaca, dan minim redundansi. Komentar dalam kode yang jelas dan penamaan variabel yang deskriptif memastikan bahwa pengguna dari berbagai tingkat keahlian—mulai dari pemula yang baru belajar Arduino hingga pengembang berpengalaman—dapat memahami, memodifikasi, dan mengembangkan sistem ini sesuai kebutuhan masing-masing. Keterbukaan dan keterbacaan kode ini mendorong komunitas untuk berinovasi dan menyesuaikan CatPour dengan beragam jenis hewan peliharaan, pola makan, atau bahkan integrasi dengan ekosistem *smart home* yang lebih luas, menjadikannya solusi pakan otomatis yang fleksibel dan adaptif di masa depan.

## BAB IV DESAIN DAN ESTETIKA

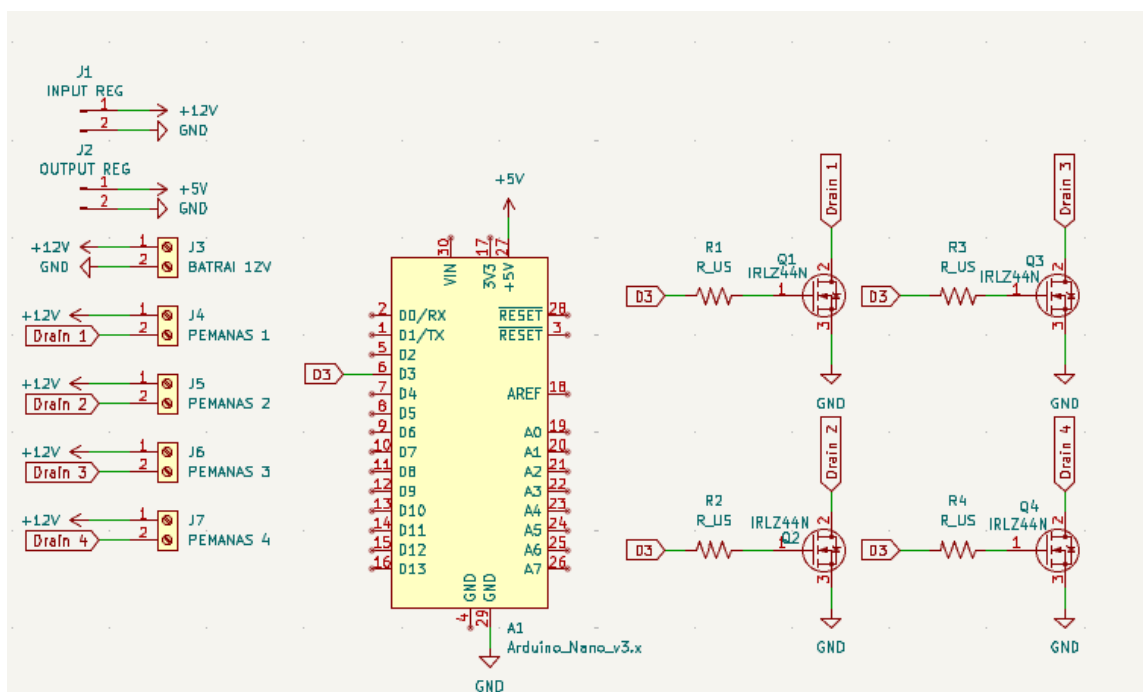
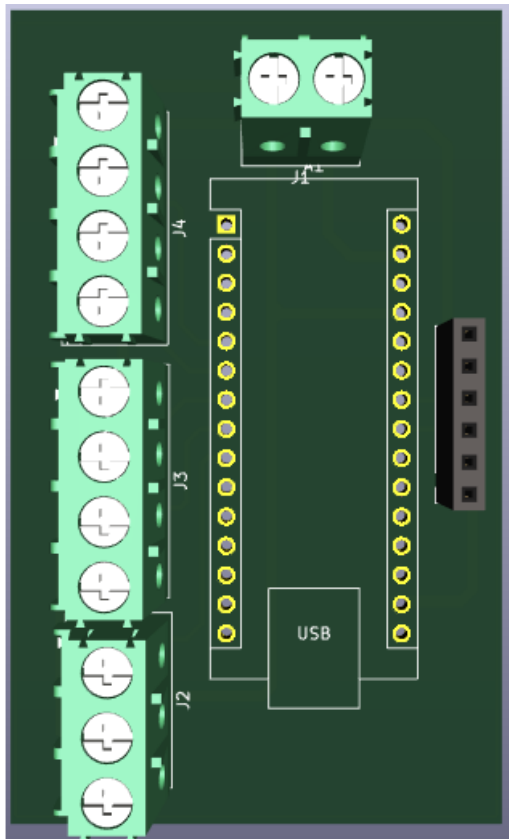


## 4.1 Desain Fisik dan Penempatan Komponen

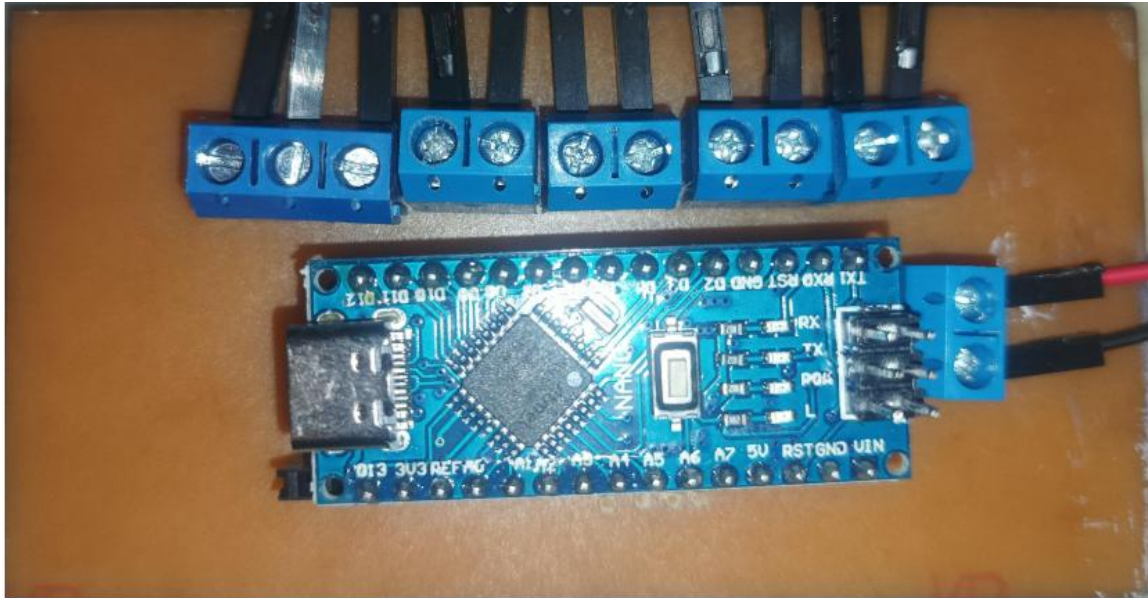
Desain fisik sistem CatPour adalah hasil dari pertimbangan cermat yang mengutamakan kesederhanaan dalam konstruksi, kemudahan perakitan, dan stabilitas struktural yang kokoh. Tujuannya adalah menciptakan perangkat yang fungsional sekaligus estetik, mudah digunakan, dan tahan lama dalam lingkungan rumah tangga.

Struktur utama alat dibangun menggunakan bahan kayu triplek, yang dipilih karena beberapa keunggulan signifikan. Kayu triplek sangat mudah dibentuk dan dipotong, memungkinkan fleksibilitas desain yang tinggi untuk menciptakan bentuk dan dimensi yang presisi. Selain itu, material ini relatif ringan, yang mempermudah pemindahan dan penempatan alat. Aspek keterjangkauan biaya juga menjadi faktor penting, menjadikan CatPour solusi pakan otomatis yang lebih ekonomis. Yang tidak kalah penting, kayu triplek menawarkan tampilan estetik alami yang hangat dan serasi dengan sebagian besar desain interior rumah, menyatu harmonis tanpa terlihat seperti perangkat elektronik asing. Rangka kayu didesain dengan dimensi ergonomis yang disesuaikan secara cermat dengan ukuran rata-rata kucing rumah, memastikan kenyamanan kucing saat makan dan aksesibilitas mangkuk. Selain itu, desain rangka juga memudahkan akses pengguna saat melakukan pengisian ulang pakan ke dalam wadah penyimpanan atau saat melakukan perawatan dan pembersihan rutin sistem. Lubang atau pintu akses dirancang agar mudah dibuka dan ditutup, mengoptimalkan pengalaman pengguna.

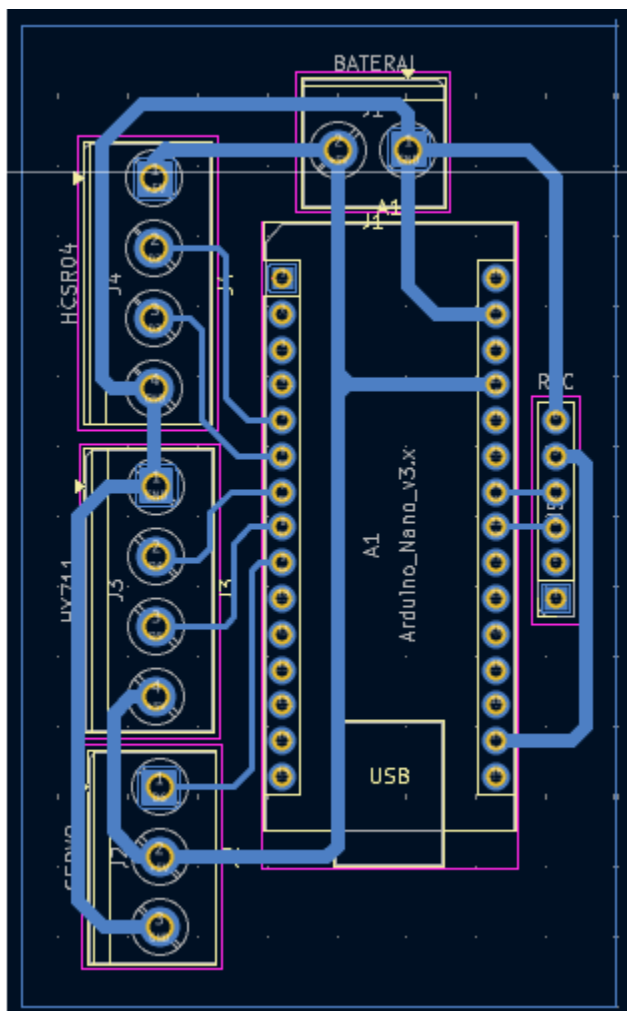
Penempatan komponen-komponen elektronik dilakukan secara strategis di dalam rangka kayu, sebuah keputusan desain yang krusial untuk menghindari gangguan mekanik (seperti gesekan atau tekanan yang tidak disengaja) dan mempermudah pemeliharaan di kemudian hari. Setiap komponen diposisikan dengan mempertimbangkan fungsinya, interaksinya dengan komponen lain, serta perlindungan dari faktor eksternal:



Adalah desain skematik dan tampak view 3 D



Adalah desain PCB jadi



1. **Sensor ultrasonik HC-SR04** adalah mata dari sistem, bertugas mendeteksi keberadaan objek. Oleh karena itu, sensor ini diletakkan pada bagian atas depan alat, posisi yang ideal karena menghadap langsung ke area mangkuk pakan. Penempatan ini memastikan bidang pandang yang jelas dan tidak terhalang, memungkinkan sensor untuk mendeteksi keberadaan kucing maupun mangkuk pakan secara akurat dari jarak yang optimal. Akurasi deteksi sangat penting agar pakan tidak dikeluarkan saat tidak ada mangkuk atau kucing belum siap makan.
2. **Load cell dan wadah pakan** adalah inti dari mekanisme pengukuran berat. Mereka dipasang di bagian bawah rangka, tepat di bawah area tempat mangkuk pakan akan diletakkan. Pemasangan ini dilengkapi dengan dukungan pegas atau sistem suspensi yang memungkinkan wadah pakan bergerak sedikit ke bawah saat beban (pakan) ditambahkan. Mekanisme ini memastikan bahwa load cell dapat secara akurat mengukur berat makanan secara *real-time* saat pakan dikeluarkan, serta memantau sisa pakan di mangkuk. Kalibrasi yang tepat pada load cell di posisi ini sangat penting untuk akurasi pemberian pakan.
3. **Servo motor**, sebagai aktuator yang mengatur aliran pakan, memiliki posisi yang sangat spesifik. Motor ini berada di bagian dalam saluran pakan, terintegrasi dengan mekanisme katup atau pintu geser. Servo akan tersambung langsung ke katup atau pintu geser yang mengontrol jalur keluarnya pakan dari wadah penyimpanan ke mangkuk. Penempatan ini memastikan bahwa motor dapat secara efisien membuka dan menutup aliran pakan dengan gerakan minimal, menjaga agar sistem tetap ringkas dan responsif.
4. **Arduino Nano dan modul HX711** adalah otak dan jembatan data sistem. Kedua komponen vital ini diletakkan di ruang yang terlindung dan terisolasi dari potensi gangguan lingkungan, seperti debu pakan dan uap makanan yang mungkin muncul di area distribusi. Biasanya, penempatan ideal adalah di bagian belakang atau sisi alat, dalam sebuah kompartemen tertutup yang memastikan keamanan komponen elektronik dari kerusakan fisik atau kontaminasi. Penempatan ini juga mempertimbangkan aliran kabel yang rapi dari semua sensor dan aktuator menuju Arduino, menghindari kabel yang berantakan dan berpotensi tersangkut atau putus. Selain itu, lokasi yang terlindung ini juga penting untuk keamanan dari gangguan fisik oleh hewan peliharaan, mencegah mereka merusak

komponen elektronik atau menarik kabel yang bisa menghentikan fungsi alat.

Secara keseluruhan, setiap aspek desain fisik dan penempatan komponen pada CatPour telah dipertimbangkan dengan matang untuk menciptakan sistem pemberi pakan otomatis yang tidak hanya berfungsi dengan baik, tetapi juga terintegrasi secara harmonis dengan lingkungan rumah dan mudah dikelola oleh pemilik hewan peliharaan.

## 4.2 Integrasi Teknologi dan Estetika

Dalam pengembangan proyek CatPour, kami menempatkan integrasi antara teknologi canggih dan estetika visual pada posisi sentral. Kami percaya bahwa sebuah perangkat otomatisasi tidak hanya harus berfungsi dengan baik, tetapi juga harus nyaman digunakan oleh pemilik, menarik secara visual, dan mampu menyatu harmonis dengan lingkungan rumah. Aspek ini menjadi pembeda utama CatPour dari banyak solusi pakan otomatis lainnya di pasaran.

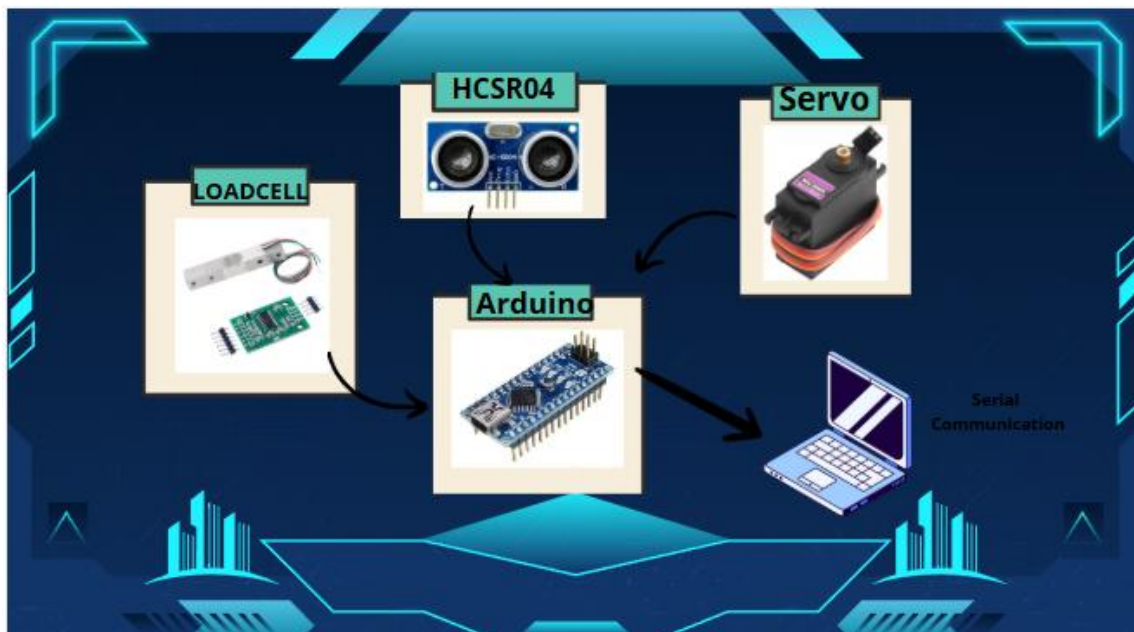
Pilihan material adalah salah satu wujud nyata dari filosofi ini. Rangka kayu triplek yang digunakan tidak hanya memenuhi fungsi struktural esensial—menopang semua komponen dan menahan beban pakan—tetapi juga secara signifikan memperkuat nilai desain ramah lingkungan dan menawarkan kehangatan visual yang khas. Berbeda dengan kebanyakan perangkat elektronik komersial yang sering didominasi oleh material plastik atau logam dingin dan industrial, CatPour menghadirkan nuansa alami dan organik. Tekstur dan pola serat kayu memberikan sentuhan unik yang menenangkan, menciptakan kesan yang lebih personal dan mengundang, bukan sekadar sebuah mesin. Pendekatan ini selaras dengan tren desain interior modern yang mengedepankan material alami dan keberlanjutan.

Dari sisi teknologi, sistem CatPour dirancang berdasarkan prinsip modularitas yang kuat. Ini berarti setiap komponen, baik itu sensor (seperti HC-SR04 dan load cell), aktuator (servo motor), maupun mikrokontroler (Arduino Nano), diperlakukan sebagai modul independen yang dapat dengan mudah dipasang, dilepas, atau diganti. Seluruh modul ini disusun dalam konfigurasi yang tidak hanya efisien dalam hal ruang dan fungsi, tetapi juga menyatu secara harmonis dengan bentuk keseluruhan alat. Kabel diatur serapi mungkin, komponen penting dilindungi di dalam rangka, dan tidak ada bagian yang terlihat mengganggu atau tidak pada tempatnya. Desain modular ini tidak hanya mempermudah proses perakitan awal, tetapi juga menjadi aset berharga saat perangkat memerlukan perbaikan atau ingin dikembangkan lebih lanjut di masa depan, karena pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi dan mengakses komponen yang relevan tanpa membongkar seluruh sistem.

Pada akhirnya, CatPour melampaui fungsi dasarnya sebagai alat otomatisasi. Ia juga dirancang untuk berfungsi sebagai bagian dari dekorasi rumah yang tidak mencolok, sebuah objek



fungsional yang juga memiliki nilai estetika. Hal ini tercermin dari bentuknya yang minimalis, bebas dari detail yang tidak perlu dan garis-garis yang bersih, yang membuatnya mudah beradaptasi dengan berbagai gaya interior. Warna natural kayu semakin memperkuat kesan organik dan menenangkan. Sudut-sudut ergonomis pada rangka tidak hanya membuat alat terlihat lebih lembut dan modern, tetapi juga dirancang agar ramah untuk manusia maupun kucing, meminimalkan risiko benturan dan menciptakan lingkungan yang nyaman bagi hewan peliharaan saat berinteraksi dengan CatPour. Bahkan penempatan tombol, lampu indikator, atau layar informasi (jika ditambahkan pada pengembangan selanjutnya) juga akan diselaraskan dengan prinsip *user-friendly design*. Setiap elemen interaktif akan ditempatkan pada lokasi yang mudah diakses dan intuitif, memberikan umpan balik visual yang jelas tanpa mengorbankan estetika keseluruhan. Dengan demikian, CatPour tidak hanya menjadi solusi praktis untuk pemberian pakan, tetapi juga elemen desain yang berharga bagi rumah modern.



### 4.3 Desain User Interface (UI)

Desain Antarmuka Pengguna (UI) pada prototipe awal CatPour difokuskan pada kesederhanaan dan intuisi, meskipun masih bersifat berbasis fisik. Filosofi ini memastikan bahwa pengguna dapat berinteraksi dengan perangkat secara mudah dan cepat memahami status serta fungsi dasarnya tanpa memerlukan panduan yang rumit. Komponen UI awal yang dirancang dengan cermat untuk mencapai tujuan ini meliputi:

1. **Lampu indikator LED:** Ini adalah elemen UI paling dasar namun sangat efektif. Berbagai warna atau pola kedipan LED digunakan untuk menunjukkan status alat secara *real-time*. Misalnya, LED hijau mungkin menyala stabil ketika sistem siap beroperasi dan berada dalam mode siaga; berkedip ketika sedang proses mengisi pakan; berubah menjadi biru

atau tidak menyala ketika mangkuk penuh atau tidak memerlukan pengisian; dan berkedip merah terang atau terus menyala merah ketika terjadi kondisi *error*, seperti pakan habis, sensor tidak terdeteksi, atau masalah lainnya. Indikator visual sederhana ini memberikan umpan balik instan kepada pengguna tanpa perlu melihat layar atau aplikasi.

2. **Tombol *manual override*:** Untuk memberikan fleksibilitas kepada pengguna, sebuah tombol fisik disediakan yang memungkinkan pengguna mengeluarkan pakan secara manual kapan saja tanpa harus menunggu jadwal otomatis. Fitur ini sangat berguna dalam situasi darurat, misalnya jika kucing menunjukkan rasa lapar di luar jadwal, atau untuk tujuan pengujian. Penempatan tombol ini dibuat mudah dijangkau dan jelas, sehingga pengguna dapat dengan cepat mengaktifkannya.
3. **Serial Monitor:** Selama fase pengembangan awal, Serial Monitor di Arduino IDE berfungsi sebagai sarana *debugging* utama dan tampilan status via komputer. Para pengembang dapat melihat *output* teks yang detail mengenai pembacaan sensor, status variabel, pesan kesalahan, dan urutan eksekusi program. Meskipun tidak ditujukan untuk penggunaan akhir oleh konsumen, Serial Monitor adalah alat yang tak ternilai untuk memastikan logika program berjalan sesuai rencana dan untuk mengidentifikasi serta memperbaiki *bug*.

### Potensi Pengembangan UI Lebih Lanjut

Untuk meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan dan menghadirkan CatPour ke level perangkat pintar yang lebih modern, UI memiliki potensi pengembangan yang luas. Integrasi komponen-komponen digital dan nirkabel akan membuka banyak kemungkinan baru:

1. **OLED Display 0.96”:** Menggantikan atau melengkapi lampu LED, sebuah layar OLED Display 0.96” yang ringkas dan hemat energi dapat diintegrasikan. Layar ini mampu menampilkan informasi yang lebih detail dan dinamis, seperti berat pakan aktual di mangkuk, hitungan mundur menuju jadwal makan berikutnya, status koneksi (jika ada IoT), atau pesan status yang lebih informatif (misalnya, "Mangkuk Kosong, Mengisi Pakan", "Pakan Cukup", "Error: Wadah Pakan Habis"). Desain UI pada layar ini akan tetap mempertahankan kesederhanaan visual dengan teks yang jelas dan ikon minimalis agar

mudah

dibaca.

2. **Aplikasi *mobile*:** Ini adalah pengembangan paling ambisius namun memberikan nilai tambah terbesar. Dengan adanya modul Wi-Fi atau Bluetooth, CatPour dapat dihubungkan ke aplikasi *mobile* khusus di *smartphone* pengguna. Aplikasi ini akan memungkinkan pengguna untuk mengatur waktu pemberian pakan dengan antarmuka kalender yang intuitif, memantau konsumsi pakan hewan peliharaan dari waktu ke waktu melalui grafik atau log data, dan yang paling penting, menerima notifikasi *real-time* ketika makanan di wadah utama hampir habis, pakan di mangkuk terlalu sedikit, atau jika terjadi gangguan sistem. Kontrol jarak jauh melalui aplikasi akan memberikan fleksibilitas dan ketenangan pikiran bagi pemilik hewan peliharaan.
3. **Sistem suara atau *buzzer*:** Sebagai lapisan peringatan tambahan, sistem suara atau *buzzer* dapat diintegrasikan. Ini dapat digunakan untuk memberikan peringatan audio ketika terjadi kondisi kritis (misalnya, pakan di wadah habis), atau bahkan sebagai isyarat sederhana saat pakan dikeluarkan, yang mungkin dapat menjadi sinyal bagi hewan peliharaan. Nada suara yang berbeda dapat digunakan untuk mengindikasikan jenis peringatan yang berbeda.

Secara keseluruhan, desain UI CatPour dirancang agar dapat digunakan oleh berbagai kelompok usia dan tingkat literasi teknologi, termasuk lansia atau pemilik kucing yang baru mengenal perangkat otomatis. Fokus utama adalah pada kesederhanaan, kejelasan, dan menghindari menu yang membingungkan atau terlalu banyak opsi. Setiap fitur UI, baik yang fisik maupun digital, bertujuan untuk membuat interaksi pengguna dengan CatPour semudah dan seefisien mungkin, memastikan bahwa manfaat otomatisasi dapat dinikmati oleh semua.

## 4.4 Visualisasi Figma dan TinkerCAD

Dalam upaya untuk mempermudah proses pengembangan, pengujian, dan dokumentasi sistem CatPour, kami memanfaatkan kekuatan dua *platform* visualisasi terkemuka: Figma untuk desain antarmuka pengguna digital, dan TinkerCAD untuk simulasi elektronik serta prototipe fisik 3D. Kombinasi kedua *platform* ini memungkinkan tim untuk menjelajahi berbagai aspek desain dari konseptualisasi hingga detail implementasi, memastikan bahwa setiap elemen sistem berfungsi secara optimal dan terlihat menarik.

### a. Figma (Desain UI & Tampilan Digital)

Figma adalah alat desain antarmuka pengguna berbasis *cloud* yang sangat fleksibel dan kolaboratif, menjadikannya pilihan ideal untuk merancang tampilan digital CatPour. Pemanfaatan Figma berfokus pada rencana pengembangan versi IoT (Internet of Things) di masa depan, yang akan melibatkan interaksi pengguna melalui aplikasi *mobile* atau layar digital pada perangkat. Beberapa elemen kunci yang divisualisasikan dengan detail menggunakan Figma antara lain:

**Tampilan *dashboard* aplikasi:** Ini adalah jantung dari interaksi pengguna dengan CatPour versi IoT. Figma digunakan untuk membuat *mockup* komprehensif dari *dashboard* aplikasi *mobile* yang akan menampilkan status pakan saat ini (misalnya, level pakan di wadah utama, berat pakan di mangkuk), menyediakan tombol kontrol intuitif untuk memicu pemberian pakan manual, mengubah jadwal, atau melihat riwayat, serta menyajikan grafik konsumsi harian yang memungkinkan pengguna memantau pola makan hewan peliharaan mereka dari waktu ke waktu. Desain ini mencakup penempatan elemen, pemilihan warna, tipografi, dan pengalaman navigasi secara keseluruhan.

**Tampilan simulasi layar OLED:** Jika CatPour dilengkapi dengan layar OLED atau LCD, Figma digunakan untuk merancang tampilan informasi yang akan muncul pada layar tersebut. Visualisasi ini mencakup teks yang jelas dan ringkas, seperti "Berat: 48g" (menunjukkan berat pakan di mangkuk), "Status: Siap" (menunjukkan status operasional sistem), dan "Next feed: 14:00" (menunjukkan jadwal pemberian pakan berikutnya). Desain ini juga mempertimbangkan ukuran font, tata letak informasi agar mudah dibaca, dan bagaimana informasi akan diperbarui secara dinamis.

**Skema interaksi pengguna dengan tombol dan sensor:** Figma tidak hanya untuk *mockup* statis; ia juga memungkinkan pembuatan *prototype* interaktif. Melalui Figma, kami dapat memetakan alur interaksi yang logis antara pengguna dengan sistem. Ini melibatkan simulasi bagaimana pengguna akan menekan tombol fisik, bagaimana sistem akan merespons masukan dari sensor (misalnya, deteksi mangkuk), dan bagaimana tampilan digital akan berubah sebagai umpan balik. Proses ini membantu mengidentifikasi potensi masalah *usability* sejak dini.

Secara keseluruhan, Figma sangat membantu dalam memetakan alur interaksi yang logis antara pengguna dengan sistem. Kemampuannya untuk membuat desain responsif juga memungkinkan kami membayangkan bagaimana tampilan akan beradaptasi pada berbagai ukuran layar, mulai dari ponsel pintar kecil hingga tablet, memastikan pengalaman pengguna yang konsisten dan optimal di semua perangkat.



Masuk

Email

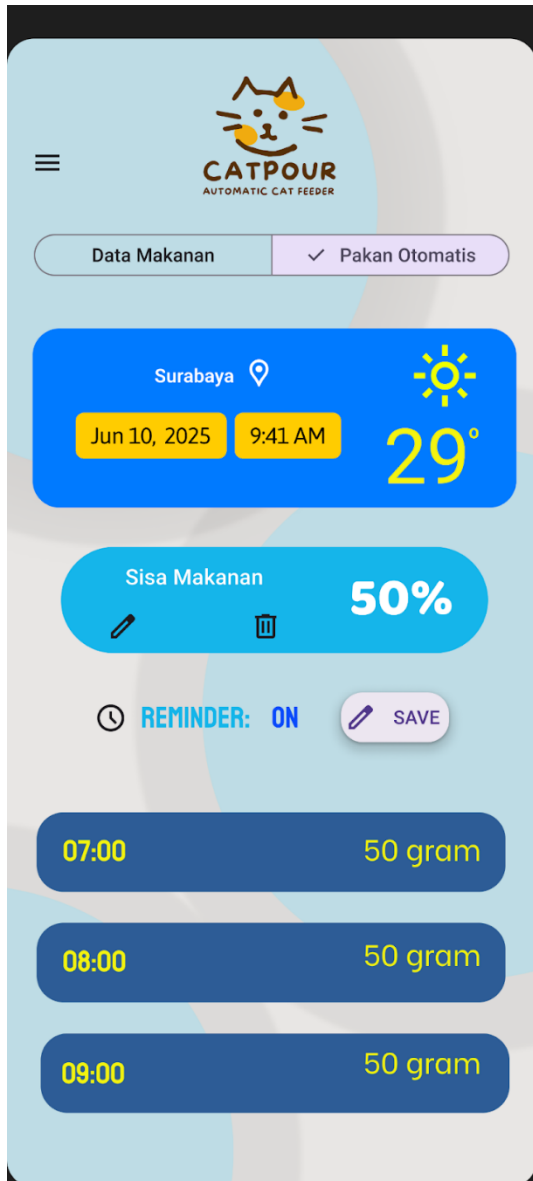
galang@gmail.com

Password

galangganteng

Masuk

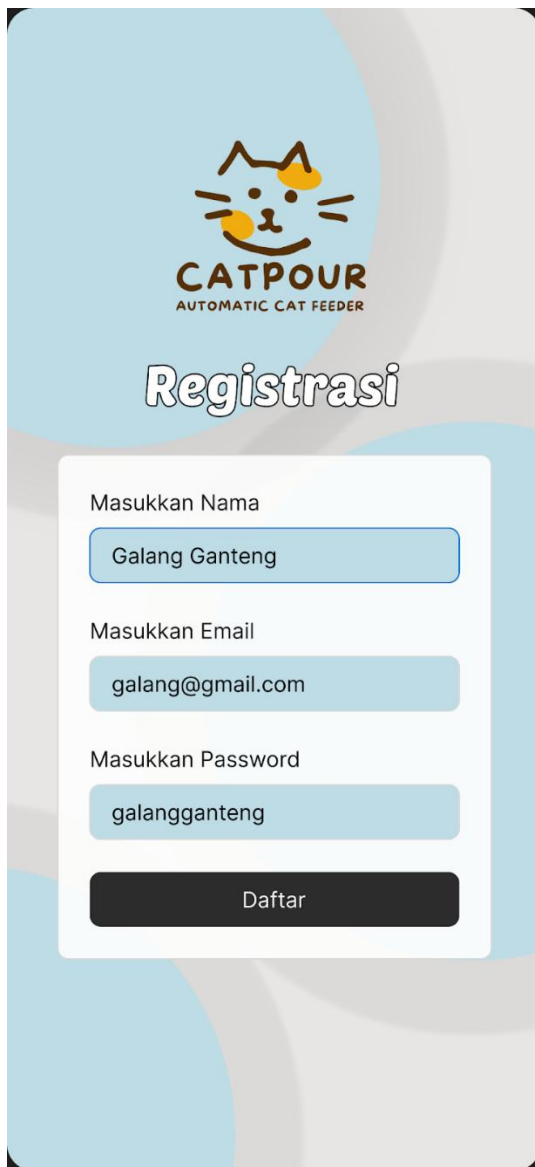
[Belum Punya Akun](#)





## b. TinkerCAD (Desain Elektronik & Prototipe 3D)

**TinkerCAD** adalah *platform* berbasis *web* yang luar biasa untuk desain 3D dan simulasi sirkuit

A registration form for 'CatPour Automatic Cat Feeder'. The form is white with a light blue border and is set against a background with a stylized cat logo and the text 'CATPOUR AUTOMATIC CAT FEEDER'. The word 'Registrasi' is written in a large, white, outlined font. The form contains three input fields: 'Masukkan Nama' with the value 'Galang Ganteng', 'Masukkan Email' with the value 'galang@gmail.com', and 'Masukkan Password' with the value 'galangganteng'. A dark grey 'Daftar' button is at the bottom.

elektronik, menjadikannya alat yang tak ternilai

dalam fase konseptualisasi dan prototipe CatPour. Pada TinkerCAD, desain sistem CatPour divisualisasikan dalam dua dimensi utama:

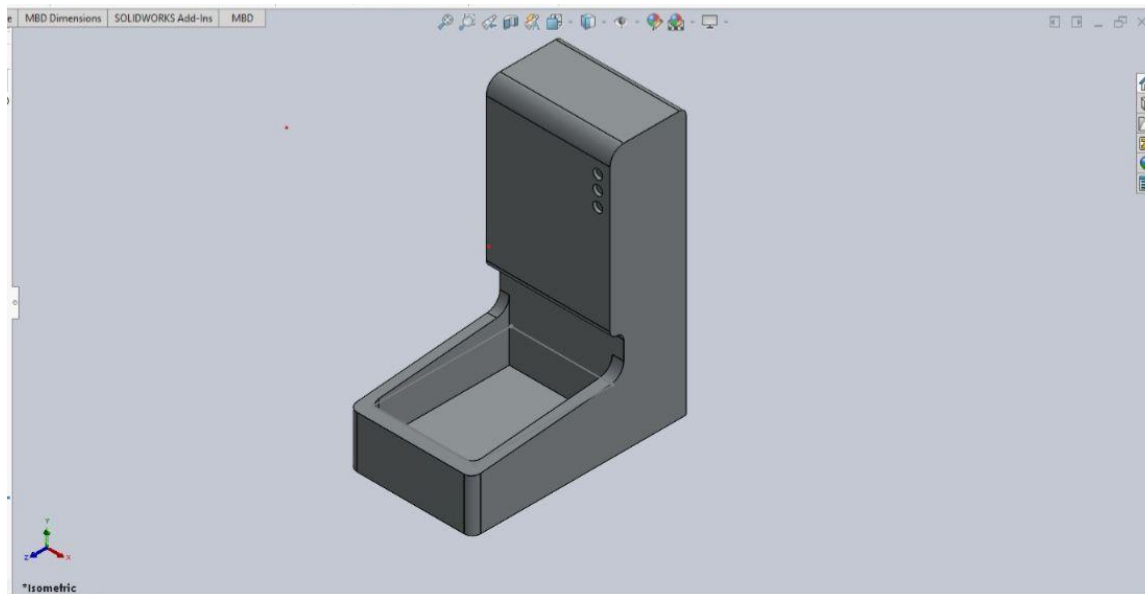
**Simulasi Rangkaian Elektronik:** TinkerCAD menyediakan lingkungan *virtual breadboard* di mana kami dapat menghubungkan komponen-komponen elektronik secara digital. Ini mencakup koneksi Arduino Nano ke sensor HC-SR04, modul HX711, dan servo motor sesuai dengan skema elektronik yang telah ditentukan. Lingkungan ini memungkinkan kami untuk menguji sirkuit secara virtual sebelum merakit fisik, mengidentifikasi kesalahan *wiring* atau *bug* program awal. Keuntungan besar dari ini adalah kemampuannya untuk mempermudah pemula dalam



memahami *wiring* fisik, karena mereka dapat melihat secara visual bagaimana setiap kabel terhubung dari satu komponen ke komponen lain.

**Visualisasi Prototipe 3D Alat:** Selain simulasi sirkuit, TinkerCAD juga memungkinkan pembuatan model 3D sederhana dari rangka fisik CatPour. Model ini mencakup struktur kayu dasar dengan penempatan komponen secara virtual di bagian atas (sensor ultrasonik), bagian dalam (servo motor), dan dasar (load cell dan wadah pakan). Visualisasi 3D ini sangat penting untuk merencanakan tata letak komponen secara optimal, memastikan ada cukup ruang, dan memvalidasi apakah semua elemen dapat terpasang dengan baik dalam desain fisik yang diusulkan. Ini membantu menghindari masalah *fitting* atau *clashing* pada tahap perakitan fisik.

**Visualisasi TinkerCAD sangat berguna dalam tahap edukasi dan perakitan awal proyek.** Karena bersifat interaktif, pengguna dapat memutar model 3D, memperbesar, dan bahkan menjalankan simulasi sirkuit untuk melihat bagaimana arus mengalir atau bagaimana kode memengaruhi komponen. Fitur ini, dikombinasikan dengan fakta bahwa TinkerCAD bebas digunakan oleh semua kalangan (mulai dari pelajar hingga *maker* hobi), menjadikannya alat yang sempurna untuk demokratisasi pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, memungkinkan lebih banyak orang untuk memahami dan berkontribusi pada proyek CatPour.



# BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

## 5.1 Proses Perakitan CatPour

Proses implementasi dan realisasi CatPour adalah tahapan krusial di mana desain dan kode program berubah menjadi perangkat fisik yang fungsional. Tahap ini diawali dengan perakitan komponen elektronik dan struktur fisik alat secara terintegrasi dan sistematis. Setiap langkah dirancang untuk memastikan kestabilan, fungsionalitas, dan kemudahan perawatan di masa depan.

### a. Perakitan Elektronik

Perakitan komponen elektronik merupakan fondasi operasional CatPour. Langkah pertama adalah memastikan Arduino Nano dipasang dengan kokoh ke *breadboard* atau *Printed Circuit Board* (PCB) yang telah disiapkan. Arduino Nano berperan sebagai pusat pengendali utama, jadi koneksinya harus stabil dan andal.

Selanjutnya, sensor ultrasonik HC-SR04 dihubungkan ke pin digital D2 dan D3 Arduino. Pin D2 berfungsi sebagai *Trigger*, yang mengirimkan pulsa suara, sementara pin D3 sebagai *Echo*, yang menerima pantulan suara. Koneksi ini harus presisi agar sensor dapat mengukur jarak secara akurat.

Untuk sistem pengukuran berat, load cell dihubungkan ke modul HX711. Modul ini merupakan *amplifier* dan *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sangat penting karena sinyal dari load cell sangat lemah. Setelah itu, modul HX711 disambungkan ke pin analog dan digital Arduino, biasanya pin A0 untuk jalur Data (DT) dan pin A1 (atau pin digital lainnya seperti D4, tergantung pada *library* yang digunakan) untuk jalur Clock (SCK). Koneksi ini memungkinkan Arduino untuk berkomunikasi dengan HX711 dan membaca data berat yang sudah diperkuat dan didigitalkan.

Sebagai aktuator pengeluaran pakan, servo motor dihubungkan ke pin digital D9 Arduino. Pin ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM), yang esensial untuk mengontrol posisi sudut servo secara presisi.

Terakhir, seluruh sistem elektronik disuplai oleh adaptor DC dengan tegangan bervariasi antara 5V hingga 12V, tergantung pada spesifikasi komponen yang digunakan, terutama servo motor yang mungkin memerlukan tegangan lebih tinggi. Tambahan kapasitor besar ditempatkan secara strategis pada jalur catu daya utama, terutama di dekat servo motor, untuk menstabilkan arus. Kapasitor ini berfungsi sebagai "penyimpan" energi sementara yang dapat segera memasok lonjakan arus yang dibutuhkan oleh motor saat bergerak, mencegah *brownout* atau *reset* pada Arduino akibat fluktuasi tegangan.

### b. Perakitan Mekanik

Setelah perakitan elektronik selesai, perhatian beralih ke struktur fisik alat. Rangka alat dibuat dari potongan-potongan kayu triplek yang telah dipotong sesuai dengan desain dimensi yang telah direncanakan sebelumnya, memastikan setiap bagian presisi dan pas. Potongan-potongan ini kemudian dirakit dan direkatkan dengan kuat untuk membentuk struktur utama CatPour. Rangka ini didesain sedemikian rupa sehingga menciptakan ruang khusus untuk wadah pakan di bagian atas, area penempatan sensor (seperti lubang untuk HC-SR04), dan ruang terlindung untuk komponen elektronik di bagian belakang atau bawah.

Mangkuk makan ditempatkan di atas load cell, yang telah terpasang dengan aman pada dasar rangka. Penting untuk memastikan mangkuk tidak bergeser dan seluruh berat pakan yang ada di dalamnya terukur dengan baik oleh load cell.

Selanjutnya, saluran pakan dibuat dari pipa kecil atau corong yang ukurannya disesuaikan dengan jenis pakan yang akan digunakan. Saluran ini dirancang untuk mengarahkan pakan dari wadah penyimpanan ke mangkuk. Bagian penting dari saluran ini adalah koneksinya dengan katup atau pintu geser yang digerakkan oleh servo motor. Mekanisme ini harus dipasang sedemikian rupa sehingga servo dapat membuka dan menutup saluran dengan lancar, mencegah pakan tumpah saat tertutup dan memastikan aliran lancar saat terbuka.

### **c. Finalisasi & Pengujian Awal**

Tahap finalisasi melibatkan detail-detail penting yang meningkatkan keamanan dan kinerja CatPour. Semua kabel yang terhubung dirapikan dan disematkan ke dalam *slot* atau jalur khusus di dalam rangka kayu. Hal ini tidak hanya membuat tampilan alat

lebih bersih dan profesional, tetapi yang lebih penting, menjamin keamanan kabel dari gangguan oleh hewan peliharaan yang mungkin menggigit atau menariknya.

Setelah semua perakitan fisik dan elektronik selesai, alat menjalani pengujian awal yang komprehensif melalui Serial Monitor Arduino IDE. Dalam pengujian ini, setiap fungsi sensor dan aktuator diperiksa secara individual. Misalnya, tim akan memverifikasi apakah sensor ultrasonik merespons dengan benar saat ada objek di depannya, apakah load cell memberikan pembacaan berat yang stabil dan akurat saat ada beban, dan apakah servo motor bergerak ke posisi yang diinginkan saat diperintahkan. Pengujian ini memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai harapan sebelum sistem dioperasikan secara penuh.

Secara keseluruhan, proses perakitan CatPour dilakukan secara modular. Ini adalah prinsip desain yang krusial yang berarti setiap sub-sistem (elektronik, mekanik, sensor, aktuator) dapat dirakit, diuji, dan bahkan dimodifikasi secara terpisah. Pendekatan ini sangat memudahkan proses modifikasi di masa depan (misalnya, mengganti jenis sensor atau motor) dan mempermudah perbaikan jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen, karena tidak perlu membongkar seluruh alat. Modularitas ini mendukung keberlanjutan dan adaptasi CatPour di masa mendatang.

## 5.2 Fungsi Otomatisasi

Fungsi otomatisasi adalah jiwa dan raga dari sistem CatPour, esensi yang membuatnya menjadi perangkat cerdas. Kemampuan inilah yang membedakan CatPour dari dispenser pakan konvensional, memungkinkan alat bekerja secara mandiri tanpa intervensi manusia yang konstan. Seluruh operasionalnya diatur oleh serangkaian parameter yang telah diprogram sebelumnya, menciptakan sebuah siklus pemberian pakan yang efisien, akurat, dan adaptif terhadap kebutuhan hewan peliharaan. Ini bukan sekadar mekanisme *on-off* sederhana, melainkan sebuah orkestrasi algoritma yang kompleks untuk mencapai tujuan utama: pakan yang tepat, pada waktu yang tepat, dan dalam jumlah yang tepat.

Logika otomatisasi CatPour dirancang dengan alur yang sangat terstruktur dan berurutan, menyerupai sebuah *flowchart* digital yang dieksekusi oleh mikrokontroler. Setiap langkah dipicu oleh kondisi tertentu, memastikan keputusan yang tepat diambil pada setiap momen:

1. **Deteksi Keberadaan Objek oleh Sensor Ultrasonik:** Proses otomatisasi dimulai dengan fase pemantauan aktif. Sensor ultrasonik secara kontinu memindai area di sekitar mangkuk pakan. Fungsinya adalah untuk mendeteksi keberadaan objek, yang dalam konteks CatPour, dapat berupa mangkuk pakan itu sendiri (menandakan mangkuk sudah pada posisi yang benar) atau bahkan kehadiran kucing yang mendekati area makan. Deteksi ini krusial untuk mencegah pakan dikeluarkan secara sia-sia ketika tidak ada mangkuk atau hewan peliharaan belum siap makan.
2. **Pengecekan Jadwal Pemberian Pakan (Opsi RTC):** Setelah objek terdeteksi, langkah selanjutnya adalah validasi waktu. Sistem akan memeriksa apakah saat itu merupakan waktu pemberian pakan yang telah diprogram. Jika sistem CatPour telah dilengkapi dengan modul RTC (Real-Time Clock), pengecekan ini akan sangat akurat dan tidak terpengaruh oleh *restart* daya. Pengecekan jadwal ini memastikan bahwa pakan hanya diberikan pada interval yang sehat dan teratur, menghindari pemberian pakan yang sembarangan di luar jam makan yang ditentukan. Jika waktu belum sesuai, sistem akan kembali ke mode siaga.
3. **Pembacaan Berat Mangkuk oleh Load Cell:** Apabila waktu telah sesuai dengan jadwal dan mangkuk terdeteksi, sistem akan mengaktifkan load cell untuk membaca berat pakan yang saat ini ada di dalam mangkuk. Ini adalah momen kritis di mana CatPour menunjukkan kecerdasannya dalam manajemen pakan:

- **Jika berat pakan di mangkuk masih di bawah ambang batas yang telah ditentukan** (misalnya, kurang dari 50 gram, yang menandakan mangkuk kosong atau hampir kosong), maka sistem akan mengidentifikasi kebutuhan pengisian ulang. Dalam skenario ini, servo motor akan diinstruksikan untuk membuka saluran pakan, memungkinkan pakan mengalir keluar dari wadah penyimpanan.
- **Namun, jika berat pakan sudah mencukupi** (yaitu, berada di atas ambang batas yang telah ditetapkan), sistem akan memutuskan tidak akan mengeluarkan pakan. Keputusan ini sangat penting untuk mencegah *overfeeding* dan pemborosan pakan, memastikan bahwa hewan peliharaan menerima pakan hanya ketika mereka benar-benar membutuhkannya.

4. **Penutupan Saluran Pakan oleh Servo Motor:** Selama proses pengeluaran pakan, load cell terus memantau berat mangkuk secara *real-time*. Begitu berat pakan di mangkuk mencapai target yang diinginkan (misalnya, 150 gram), Arduino akan segera memerintahkan servo motor untuk menutup kembali saluran pakan dengan presisi. Gerakan penutupan ini menghentikan aliran pakan secara instan, menjamin jumlah pakan yang dikeluarkan sangat akurat dan sesuai dengan porsi yang telah diprogram.

5. **Kembali ke Mode Siaga:** Setelah seluruh proses distribusi pakan selesai—baik itu karena pakan telah dikeluarkan atau karena mangkuk sudah penuh—sistem akan kembali ke mode *idle* atau siaga. Dalam mode ini, CatPour terus memantau kondisi lingkungan secara pasif sambil bersiap untuk siklus pemberian berikutnya sesuai jadwal. Ini memastikan efisiensi energi dan kesiapan sistem untuk tugas selanjutnya tanpa konsumsi daya yang berlebihan.

Fungsi otomatisasi yang kompleks ini telah diuji secara ekstensif dengan berbagai skenario dan berhasil menunjukkan kemampuan sistem yang luar biasa dalam:

1. **Menghindari *overfeeding*:** Dengan pembacaan berat yang presisi dan kontrol servo yang akurat, CatPour mencegah pemberian pakan berlebihan, yang krusial untuk kesehatan hewan peliharaan dan manajemen pakan yang efisien.

2. **Mendeteksi kehadiran hewan:** Kemampuan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek memungkinkan sistem untuk beradaptasi dengan kehadiran hewan peliharaan, bahkan membuka peluang untuk pengembangan fitur interaktif di masa depan.
3. **Menghentikan aliran pakan secara presisi:** Kontrol servo yang digerakkan oleh umpan balik *real-time* dari load cell memastikan bahwa pakan dihentikan tepat pada jumlah yang ditargetkan, menghilangkan pemborosan dan memastikan porsi yang akurat setiap saat.

Singkatnya, fungsi otomatisasi CatPour bukan hanya sekadar mengalirkan pakan; ia adalah sebuah sistem cerdas yang belajar, memantau, dan bertindak berdasarkan data, menciptakan pengalaman pemberian pakan yang optimal dan bebas khawatir bagi pemilik hewan peliharaan.

### 5.3 Respon terhadap Hewan

Kemampuan sistem untuk memberikan respon yang tepat dan adaptif terhadap kehadiran kucing merupakan salah satu indikator kinerja utama yang membedakan CatPour sebagai solusi pakan otomatis yang ramah hewan. Sebuah alat pemberi pakan otomatis tidak hanya harus berfungsi secara teknis dalam mengeluarkan pakan, tetapi juga harus dapat diterima, tidak menimbulkan stres, dan bahkan berinteraksi secara positif dengan hewan peliharaan yang akan menggunakannya. Untuk menguji aspek krusial ini, pengujian ekstensif dilakukan dalam beberapa sesi menggunakan kucing peliharaan dalam lingkungan yang terkontrol dan realistis, mencerminkan skenario penggunaan sehari-hari.

Metodologi pengujian dirancang untuk mensimulasikan berbagai interaksi hewan dengan alat:

1. **Kucing didekatkan ke alat dari berbagai arah:** Ini adalah pendekatan holistik untuk mengevaluasi jangkauan dan sensitivitas sensor ultrasonik HC-SR04. Kucing didekati tidak hanya dari arah depan alat, tetapi juga dari samping, bahkan sedikit dari sudut. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat mendeteksi keberadaan kucing dari berbagai posisi yang mungkin terjadi dalam penggunaan rumah tangga, tidak hanya dari satu titik tetap. Pengujian ini juga membantu mengidentifikasi potensi "blind spot" sensor.
2. **Sensor HC-SR04 membaca jarak dan mengaktifkan sistem jika kucing berada dalam jarak kurang dari 30 cm:** Ambang batas jarak 30 cm ditetapkan secara cermat sebagai jarak optimal untuk memicu respons sistem. Jarak ini dianggap cukup dekat untuk mengindikasikan bahwa kucing memang bermaksud untuk makan atau berinteraksi dengan alat, bukan hanya sekadar lewat atau bermain di area sekitar. Setelah keberadaan kucing terdeteksi dalam jarak ini, logika otomatisasi akan berjalan; sistem akan melakukan validasi jadwal dan berat pakan, dan jika semua kondisi terpenuhi, servo motor akan membuka saluran pakan.

Hasil Pengujian yang diperoleh memberikan wawasan berharga dan menunjukkan performa yang sangat menjanjikan dalam hal interaksi hewan:

1. **Tingkat keberhasilan deteksi hewan mencapai  $\pm 95\%$ .** Angka ini sangat tinggi dan menunjukkan efektivitas serta keandalan sensor ultrasonik dalam mendeteksi keberadaan kucing pada sebagian besar skenario. Keakuratan deteksi ini adalah fondasi bagi sistem untuk mengambil keputusan yang tepat. Namun, penting untuk dicatat bahwa ada sedikit batasan: deteksi bisa sedikit terganggu jika kucing datang dari sisi belakang alat (di luar jangkauan sensor depan) atau jika kucing tertutup oleh objek lain yang secara fisik menghalangi jangkauan langsung sensor. Keterbatasan inheren dari sensor tunggal ini menjadi area pertimbangan untuk pengembangan masa depan, misalnya dengan menambahkan sensor multi-arah atau menggunakan teknologi sensor yang berbeda.
2. **Reaksi hewan terhadap suara dan gerakan servo:** Salah satu kekhawatiran utama dalam desain perangkat otomatis untuk hewan adalah apakah suara mekanis atau gerakan aktuator akan mengganggu atau bahkan menakuti hewan. Namun, pengujian menunjukkan hasil yang sangat positif: sebagian besar kucing tidak terganggu oleh suara atau gerakan halus dari servo motor saat membuka dan menutup saluran pakan. Sebaliknya, mereka cenderung menunjukkan respons penasaran terhadap suara butiran pakan yang jatuh dan gerakan katup. Respons positif ini mengindikasikan bahwa desain mekanis dan operasional CatPour tidak menimbulkan stres atau kecemasan yang signifikan pada hewan peliharaan.
3. **Interaksi alami dan adaptasi jangka panjang:** Yang paling menggembirakan dari hasil pengujian adalah pengamatan terhadap interaksi alami kucing dengan alat dan proses adaptasi mereka. Setelah beberapa hari pertama adaptasi—di mana kucing mungkin sedikit berhati-hati—kucing terbiasa menghampiri alat secara mandiri pada jam makan. Mereka belajar untuk mengasosiasikan suara pakan yang jatuh dan keberadaan CatPour dengan rutinitas makan mereka. Adaptasi yang sangat baik ini menunjukkan bahwa CatPour tidak hanya berfungsi secara teknis dalam mengotomatisasi pemberian pakan, tetapi juga diterima dengan baik oleh hewan sebagai bagian normal dari lingkungan mereka, tidak menimbulkan stres atau kebingungan, bahkan mampu membangun rutinitas makan yang positif dan konsisten bagi kucing.

Dengan demikian, pengujian komprehensif ini secara meyakinkan membuktikan bahwa CatPour berhasil mengintegrasikan fungsionalitas teknis yang solid dengan pertimbangan perilaku hewan yang cermat, menciptakan solusi pakan otomatis yang tidak hanya efisien tetapi juga harmonis dan diterima dengan baik oleh hewan peliharaan.

## 5.4 Waktu Respon Sistem

Dalam konteks sistem otomatisasi yang dirancang untuk berinteraksi langsung dengan kebutuhan makhluk hidup, seperti CatPour, waktu respon bukan sekadar angka teknis, melainkan sebuah metrik kinerja krusial yang secara langsung mempengaruhi efektivitas dan kepuasan pengguna, baik itu manusia maupun hewan peliharaan. Waktu respon mengukur seberapa cepat sistem dapat mengidentifikasi perubahan kondisi (misalnya, kucing datang atau jadwal makan tiba) dan kemudian bereaksi dengan serangkaian tindakan yang terprogram. Sistem CatPour dirancang dengan prioritas tinggi pada kecepatan dan konsistensi respon, yang sangat esensial untuk memastikan hewan peliharaan mendapatkan pakan tepat waktu dan pengalaman yang mulus.

Berdasarkan hasil pengujian yang cermat dan berulang di berbagai skenario operasional, sistem ini secara konsisten menunjukkan waktu respon yang sangat cepat dan dapat diandalkan. Secara spesifik, waktu yang dibutuhkan dari deteksi awal suatu peristiwa (misalnya, sensor ultrasonik mendeteksi mangkuk atau kehadiran kucing) hingga aktivasi utama sistem (yaitu, perintah pertama ke servo untuk membuka saluran pakan) berada di bawah 1.5 detik. Kecepatan respons ini memastikan bahwa begitu kucing mendekat ke area makan atau waktu makan yang telah dijadwalkan tiba, pakan akan segera tersedia tanpa penundaan yang signifikan. Jeda waktu yang minimal ini sangat penting untuk meminimalkan potensi frustrasi atau kebingungan pada hewan peliharaan, yang mungkin menjadi gelisah jika pakan tidak segera muncul setelah mereka mendatangi alat. Respon cepat ini juga mendukung efisiensi operasional secara keseluruhan, karena tidak ada waktu yang terbuang dalam proses pengambilan keputusan.

Meskipun sistem inti sangat cepat, perlu dipahami bahwa waktu pengisian pakan itu sendiri dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor fisik, utamanya jenis pakan yang digunakan. Pakan dengan granul yang lebih halus atau berukuran kecil, seperti butiran pakan untuk anak kucing atau jenis pakan ikan tertentu, cenderung mengalir lebih cepat dan lancar melalui saluran pakan dan katup servo. Sebaliknya, butiran pakan yang lebih besar atau berbentuk tidak beraturan, seperti beberapa jenis *kibble* untuk kucing dewasa, mungkin memerlukan sedikit waktu lebih lama untuk mengalir karena gesekan atau bentuknya yang kurang aerodinamis. Variasi kecepatan aliran ini adalah faktor fisik yang tidak dapat sepenuhnya dieliminasi oleh logika program, namun sistem CatPour dengan cerdas mampu mengkompensasi hal ini. Melalui *feedback loop* konstan dari *load cell*, sistem akan terus memantau berat pakan yang telah keluar hingga target yang diinginkan tercapai, terlepas dari kecepatan alir pakan. Ini menjamin akurasi porsi meski ada variasi dalam jenis pakan.

Secara keseluruhan, latensi sistem CatPour—yaitu, penundaan antara pengiriman perintah dan eksekusi tindakan—terbukti sangat rendah dan memadai untuk kebutuhan domestik. Ini berarti bahwa jeda waktu dari saat sensor atau timer internal memicu tindakan hingga pakan benar-benar mulai mengalir adalah minimal, membuat seluruh pengalaman terasa mulus dan responsif.



bagi kucing dan pemiliknya. Pengujian berulang dan dalam jangka waktu yang lebih panjang telah menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kinerja yang stabil dan konsisten ini dalam berbagai kondisi operasional, termasuk fluktuasi suhu atau gangguan lingkungan ringan.

Dengan karakteristik waktu respon yang optimal tersebut—cepat, konsisten, dan latensi rendah—sistem CatPour dapat dikategorikan sebagai efisien dan *real-time* dalam konteks aplikasinya. Efisiensi ini bukan hanya tentang kecepatan, tetapi juga tentang penggunaan sumber daya yang optimal (energi dan komponen). Kemampuan *real-time* berarti sistem mampu merespons peristiwa dan mengambil tindakan saat itu juga tanpa penundaan yang mengganggu rutinitas hewan peliharaan. Kualitas ini menjadikan CatPour solusi pakan otomatis yang sangat praktis, andal, dan efektif untuk kebutuhan rumah tangga modern, di mana kenyamanan, keandalan, dan kesejahteraan hewan peliharaan adalah prioritas utama. CatPour tidak hanya memenuhi ekspektasi, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup baik bagi hewan peliharaan maupun pemiliknya.

# BAB VI DAMPAK MANFAAT DAN PENGEMBANGAN

## 6.1 Manfaat Bagi Pengguna dan Hewan Peliharaan

Sistem CatPour dirancang bukan sekadar sebagai perangkat otomatis, melainkan sebagai solusi holistik yang membawa manfaat langsung dan signifikan bagi pemilik hewan peliharaan, khususnya kucing, sekaligus memberikan dampak positif yang substansial terhadap kesejahteraan hewan itu sendiri. Di era modern ini, di mana kesibukan menjadi norma, CatPour hadir sebagai jembatan yang memungkinkan pemilik untuk tetap memberikan perawatan optimal tanpa harus mengorbankan waktu atau fleksibilitas pribadi. Alat ini secara fundamental membantu menjaga pola makan yang konsisten dan teratur bagi hewan, sepenuhnya tanpa mengandalkan kehadiran manusia secara langsung untuk setiap sesi pemberian pakan. Ini adalah sebuah revolusi kecil dalam manajemen hewan peliharaan yang membawa ketenangan pikiran bagi pemilik dan kesehatan yang lebih baik bagi hewan.

Beberapa manfaat utama yang ditawarkan oleh CatPour, di antaranya:

1. **Konsistensi Waktu Makan: Fondasi Kesehatan Pencernaan.** Salah satu pilar utama kesehatan hewan peliharaan adalah rutinitas, terutama dalam hal makan. CatPour memastikan bahwa pakan diberikan pada waktu yang sama setiap hari, sesuai dengan jadwal yang telah diprogram dengan presisi. Konsistensi ini sangat vital dalam mendukung kesehatan sistem pencernaan hewan. Pola makan yang teratur membantu menstabilkan metabolisme, mengurangi risiko gangguan pencernaan seperti muntah atau diare, dan bahkan dapat membantu mencegah masalah yang lebih serius seperti tukak lambung atau pankreatitis pada beberapa hewan. Dengan CatPour, hewan peliharaan belajar untuk mengantisipasi waktu makannya, mengurangi stres dan kecemasan yang mungkin timbul akibat jadwal makan yang tidak teratur.
2. **Kontrol Takaran Pakan: Kunci Mencegah Obesitas dan Malnutrisi** Salah satu tantangan terbesar bagi pemilik hewan peliharaan adalah mengontrol porsi makan. *Overfeeding* dapat menyebabkan **obesitas**, masalah kesehatan yang serius dengan berbagai komplikasi seperti diabetes, penyakit jantung, dan masalah sendi. Sebaliknya, *underfeeding* dapat menyebabkan malnutrisi dan kekurangan energi. CatPour mengatasi masalah ini dengan mengontrol takaran pakan secara akurat melalui sensor berat (*load cell*). Sistem ini mampu menghindari kelebihan atau kekurangan pakan dengan mengeluarkan jumlah yang telah ditentukan. Ini membantu pemilik untuk mencegah obesitas atau malnutrisi pada hewan peliharaannya, memastikan mereka mendapatkan nutrisi yang tepat sesuai kebutuhan berat dan aktivitas mereka. Dengan demikian, CatPour berkontribusi langsung

pada umur panjang dan kualitas hidup hewan.

3. **Kemudahan dan Efisiensi Waktu: Beban Pemilik Berkurang** Bagi pemilik hewan peliharaan dengan jadwal padat, CatPour adalah anugerah. Alat ini menghilangkan kebutuhan untuk memberi makan secara manual setiap hari, berulang kali. Tidak ada lagi terburu-buru di pagi hari atau terpaksa pulang cepat di malam hari hanya untuk memberi makan hewan. CatPour mengambil alih tugas repetitif ini sepenuhnya, memberikan kemudahan dan efisiensi waktu yang luar biasa. Pemilik dapat menggunakan waktu luang ini untuk hal lain yang lebih produktif atau sekadar bersantai, tanpa rasa khawatir akan kebutuhan pakan hewan peliharaan mereka.
4. **Solusi Saat Bepergian: Ketenangan Pikiran di Mana Pun Berada** Salah satu kekhawatiran terbesar pemilik hewan peliharaan saat harus bepergian adalah bagaimana memastikan hewan mereka tetap mendapatkan pakan yang cukup dan teratur. CatPour adalah solusi ideal saat pemilik tidak berada di rumah. Alat ini tetap berfungsi secara otomatis sesuai jadwal, selama pasokan listrik dan pakan di wadah penyimpanan tersedia. Ini berarti pemilik dapat pergi bekerja, berlibur singkat, atau bahkan bepergian jauh tanpa perlu khawatir mencari *pet sitter* khusus hanya untuk urusan pakan. Ketenangan pikiran ini tak ternilai harganya, mengetahui bahwa hewan kesayangan tetap terawat dengan baik di rumah.
5. **Pengurangan Stres pada Hewan: Lingkungan yang Lebih Stabil** Tidak hanya pemilik, hewan peliharaan pun merasakan manfaatnya. Ketidakpastian waktu makan atau porsi yang tidak konsisten dapat menyebabkan stres dan kecemasan pada hewan, terutama kucing yang sangat menyukai rutinitas. Dengan CatPour, kucing terbiasa dengan alat dan belajar bahwa pakan akan selalu tersedia tepat waktu dan dalam jumlah yang tepat. Rutinitas yang dapat diprediksi ini mengurangi tingkat stres pada hewan, menciptakan lingkungan yang lebih stabil dan aman bagi mereka. Hewan peliharaan yang tidak stres cenderung lebih sehat, lebih bahagia, dan memiliki perilaku yang lebih baik.

Secara keseluruhan, manfaat-manfaat komprehensif ini menjadikan CatPour solusi yang sangat cocok digunakan oleh siapa saja yang memiliki gaya hidup sibuk—baik itu pekerja kantoran,

mahasiswa, atau profesional yang sering bepergian—namun tetap ingin memberikan perawatan terbaik dan memastikan kesejahteraan optimal untuk hewan peliharaannya. CatPour bukan hanya alat, melainkan investasi pada kesehatan, kenyamanan, dan kualitas hidup bersama hewan kesayangan.

## 6.2 Dampak Sosial dan Edukasi

Selain serangkaian manfaat praktis yang secara langsung dirasakan oleh pemilik hewan peliharaan dan kesejahteraan hewan itu sendiri, proyek CatPour juga memiliki dampak sosial dan edukatif yang signifikan, khususnya di lingkungan pendidikan formal dan komunitas teknologi yang lebih luas. CatPour melampaui fungsinya sebagai perangkat rumah tangga; ia bertindak sebagai katalisator untuk kesadaran teknologi, dukungan komunitas, dan pembelajaran berbasis proyek yang mendalam.

### Dampak Sosial

Sebagai sebuah inovasi yang menjawab kebutuhan nyata, CatPour berpotensi menciptakan beberapa dampak sosial positif:

1. **Peningkatan Kesadaran akan Teknologi Sederhana yang Dapat Diterapkan untuk Kebutuhan Sehari-hari:** Dalam masyarakat yang semakin terdigitalisasi, masih banyak individu yang mungkin merasa teknologi itu kompleks atau hanya untuk kalangan ahli. CatPour, dengan desain yang relatif sederhana namun fungsionalitas yang cerdas, dapat menjadi contoh nyata dan inspiratif tentang bagaimana teknologi sederhana—seperti mikrokontroler, sensor, dan motor—dapat diterapkan secara efektif untuk memecahkan masalah sehari-hari dan meningkatkan kualitas hidup. Melihat CatPour beroperasi, masyarakat umum dapat mulai memahami bahwa otomatisasi bukanlah sesuatu yang eksklusif bagi industri besar, melainkan dapat diakses dan diimplementasikan dalam skala rumah tangga. Ini akan menumbuhkan rasa ingin tahu dan kepercayaan terhadap potensi teknologi di kehidupan sehari-hari, mendorong adopsi solusi serupa di bidang lain.
2. **Dukungan bagi Komunitas Pecinta Hewan:** Komunitas pecinta hewan, seperti *shelter* hewan, penampungan kucing, atau rumah singgah untuk hewan terlantar, seringkali beroperasi dengan sumber daya terbatas dan bergantung pada relawan. Pemberian pakan yang teratur dan terukur untuk puluhan bahkan ratusan hewan setiap hari adalah tugas yang sangat memakan waktu dan tenaga. CatPour dapat menjadi alat otomatisasi yang sangat berharga untuk efisiensi operasional di tempat-tempat ini. Dengan menerapkan CatPour, mereka dapat menghemat waktu dan tenaga relawan, yang kemudian bisa dialokasikan untuk tugas-tugas lain yang lebih kritis, seperti perawatan medis, sosialisasi

hewan, atau mencari rumah adopsi. Selain itu, dengan konsistensi pakan yang diberikan oleh CatPour, kesehatan hewan di penampungan dapat terjaga lebih baik, mengurangi risiko penyakit terkait gizi atau stres akibat jadwal makan yang tidak teratur. Ini adalah kontribusi nyata terhadap kesejahteraan hewan di tingkat komunitas.

## Dampak Edukasi

Dari perspektif edukasi, CatPour menawarkan platform pembelajaran yang kaya dan relevan:

1. **Media Pembelajaran Interdisipliner:** Proyek CatPour adalah contoh sempurna dari media pembelajaran interdisipliner yang efektif. Pengembangannya menuntut integrasi berbagai disiplin ilmu:
  - **Elektronika:** Memahami cara kerja sensor (ultrasonik, *load cell*), aktuator (servo motor), dan mikrokontroler (Arduino Nano), serta bagaimana menghubungkan komponen-komponen ini secara fisik.
  - **Pemrograman:** Menulis kode C/C++ untuk Arduino yang mengimplementasikan logika otomatisasi, pembacaan sensor, dan kontrol aktuator.
  - **Mekanika:** Merancang struktur fisik alat yang stabil, mekanisme katup pakan, dan penempatan komponen untuk fungsi optimal.
  - **Desain Produk:** Mempertimbangkan estetika, ergonomi, *user interface*, dan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Keterlibatan dalam proyek seperti CatPour memungkinkan pelajar untuk melihat bagaimana berbagai bidang ini saling terkait dan bekerja sama untuk menciptakan sebuah sistem yang berfungsi.
2. **Proyek Tugas Akhir yang Relevan:** Dengan kompleksitas yang memadai namun tetap dapat dikelola, CatPour dapat dijadikan proyek tugas akhir yang sangat relevan dan menarik bagi siswa atau mahasiswa di berbagai bidang teknik dan desain. Ini termasuk mahasiswa di bidang Teknik Elektro (fokus pada sirkuit dan sensor), Teknik Mekatronika (integrasi elektronik dan mekanik), Sistem Informasi atau Teknik Komputer (fokus pada pemrograman dan IoT), atau bahkan Desain Industri (fokus pada estetika, ergonomi, dan pengalaman pengguna). Proyek semacam ini memberikan pengalaman praktis yang tak ternilai dalam menerapkan teori ke dalam solusi dunia nyata, melatih keterampilan *problem-solving*, dan manajemen proyek.

3. **Stimulasi Kreativitas dan Inovasi:** Proyek CatPour secara inheren menstimulasi kreativitas dan inovasi di kalangan pelajar dan *maker*. Dengan membangun alat ini, pelajar didorong untuk memahami konsep otomatisasi secara mendalam—bagaimana sebuah mesin dapat mengambil keputusan dan bertindak sendiri. Lebih dari itu, mereka terinspirasi untuk berpikir kritis tentang cara menyelesaikan masalah sehari-hari menggunakan teknologi. Ini bisa memicu ide-ide baru untuk otomatisasi di rumah, di pertanian, atau di lingkungan lain, mendorong lahirnya inovator-inovator masa depan yang mampu menciptakan solusi-solusi cerdas untuk tantangan yang ada.

Dengan demikian, CatPour tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis untuk masalah pemberian pakan hewan peliharaan, tetapi juga sebagai alat penggerak inovasi dan pembelajaran berbasis proyek yang sangat efektif. Ia menunjukkan bahwa teknologi dapat menjadi sarana untuk kebaikan sosial dan alat yang kuat untuk mendidik generasi berikutnya tentang potensi tanpa batas dari rekayasa dan desain.

## 6.3 Potensi Pengembangan Teknologi

Prototipe awal CatPour, yang telah berhasil menunjukkan fungsionalitas dasar otomatisasi pemberian pakan secara efektif dan andal, dirancang dengan sebuah filosofi fundamental yang berpandangan jauh ke depan: konsep terbuka (*open-source*) dan modular. Pendekatan ini bukan sekadar keputusan teknis yang praktis, melainkan sebuah pondasi strategis yang memiliki implikasi luas. Filosofi *open-source* mendorong kolaborasi, transparansi, dan inovasi dari komunitas pengembang dan *maker* di seluruh dunia, memungkinkan berbagai pihak untuk berkontribusi pada pengembangan kode dan desain. Sementara itu, prinsip modularitas memastikan bahwa komponen atau fitur baru dapat ditambahkan, diperbarui, atau bahkan diganti tanpa perlu merombak keseluruhan arsitektur sistem dari awal. Ini artinya CatPour bukan sekadar produk sekali jadi; ia adalah sebuah platform hidup yang memiliki kapasitas intrinsik untuk terus berevolusi, beradaptasi, dan tumbuh seiring dengan kemajuan teknologi yang pesat dan perubahan kebutuhan pengguna di masa depan.

Berikut adalah beberapa arah pengembangan teknologi utama yang dapat diintegrasikan ke dalam CatPour, yang secara transformatif akan mengangkatnya menjadi perangkat cerdas kelas dunia:

**Integrasi *Internet of Things* (IoT): CatPour yang Terhubung dan Cerdas Penuh**

Langkah pengembangan paling signifikan dan revolusioner bagi CatPour adalah integrasi mendalam dengan **Internet of Things (IoT)**. Integrasi ini akan mengubah CatPour dari perangkat otomatis yang berdiri sendiri menjadi sebuah *smart pet feeder* yang sepenuhnya terhubung, dapat diakses, dan dikelola dari mana saja di dunia. Dengan menambahkan modul Wi-Fi yang ringkas dan hemat daya seperti **ESP8266** atau **ESP32**, alat ini dapat terhubung ke jaringan internet rumah tangga atau platform *cloud* yang lebih luas. Konektivitas tanpa batas ini membuka berbagai kemungkinan interaksi dan pemantauan jarak jauh yang sebelumnya tidak terbayangkan:

1. **Kontrol Jarak Jauh via Aplikasi *Mobile* yang Komprehensif:** Pemilik hewan peliharaan dapat dengan mudah mengunduh dan menginstal aplikasi *mobile* khusus yang dirancang secara intuitif di *smartphone* atau *tablet* mereka. Aplikasi ini akan memungkinkan kontrol penuh atas CatPour dari mana saja dan kapan saja, selama ada koneksi internet. Pengguna dapat memicu pemberian pakan manual secara instan dengan satu ketukan jari, mengubah jadwal makan yang telah diprogram dengan antarmuka kalender yang ramah pengguna, mengatur ulang porsi pakan harian untuk setiap sesi makan, atau bahkan mengkalibrasi ulang sensor berat dari jarak jauh. Fleksibilitas dan kemudahan akses ini sangat mempermudah hidup pemilik yang memiliki jadwal padat, sering bepergian, atau sekadar ingin memiliki kendali penuh atas manajemen pakan hewan peliharaan mereka dari genggam tangan.
2. **Notifikasi *Real-time* dan Peringatan Dini ke *Smartphone*:** CatPour yang terhubung akan mampu mengirimkan notifikasi *push* otomatis ke *smartphone* pengguna jika pakan di wadah utama hampir habis, sehingga pemilik dapat segera mengisi ulang sebelum hewan kesayangan mereka kehabisan makanan. Lebih jauh lagi, sistem dapat mengirimkan peringatan jika terjadi kesalahan operasional yang tidak terduga (misalnya, mangkuk tidak terdeteksi dalam waktu lama, motor macet, sensor gagal membaca, atau bahkan pemadaman listrik). Fitur proaktif ini memberikan ketenangan pikiran yang tak ternilai, memungkinkan pemilik untuk segera mengambil tindakan korektif atau mengutus seseorang untuk memeriksa perangkat, bahkan saat mereka jauh dari rumah, mencegah masalah kecil menjadi serius.
3. **Monitoring Komprehensif Konsumsi Pakan dalam Bentuk Grafik dan Analisis Mendalam:** Data yang dikumpulkan dari *load cell* mengenai setiap sesi pemberian pakan dapat secara otomatis dikirimkan ke *cloud* untuk penyimpanan dan analisis. Aplikasi *mobile* kemudian dapat menampilkan grafik konsumsi pakan harian, mingguan, bulanan, bahkan tahunan yang terperinci. Ini adalah alat diagnostik dan manajemen yang sangat berharga bagi pemilik yang sangat peduli terhadap kesehatan dan nutrisi hewan peliharaan mereka, serta bagi dokter hewan. Mereka dapat memantau pola makan hewan peliharaan, mendeteksi perubahan nafsu makan yang mungkin menjadi indikasi masalah

kesehatan yang sedang berkembang (misalnya, penurunan makan yang tiba-tiba atau peningkatan yang drastis), memastikan hewan mendapatkan nutrisi yang cukup sesuai rekomendasi dokter hewan, atau mengidentifikasi tren konsumsi untuk penyesuaian porsi yang lebih baik seiring perubahan usia atau tingkat aktivitas hewan.

### **Penambahan RTC (Real Time Clock): Presisi Waktu yang Tak Tergoyahkan**

Penjadwalan adalah fitur inti dari fungsionalitas otomatisasi CatPour, dan untuk meningkatkan akurasi, keandalan, serta kemandirian penjadwalan, penambahan RTC (Real Time Clock) Module merupakan langkah pengembangan yang sangat penting. Pada prototipe awal, pengaturan waktu mungkin bergantung pada timer internal mikrokontroler yang rentan terhadap *reset* atau deviasi waktu kecil jika alat kehilangan daya atau dihidupkan ulang. Dengan modul RTC yang dilengkapi baterai *backup* kecil (seringkali baterai kancing CR2032), CatPour akan memiliki sumber waktu yang independen, sangat presisi, dan *non-volatile*, mirip dengan jam digital pada umumnya. Ini berarti jadwal pemberian pakan akan tetap akurat dan konsisten bahkan jika alat kehilangan daya untuk sementara waktu atau mengalami pemadaman listrik yang singkat, tanpa perlu pengaturan ulang manual setiap kali CatPour dihidupkan kembali. Konsistensi waktu yang terjamin ini sangat penting untuk menjaga rutinitas makan hewan peliharaan yang sehat, mengurangi stres akibat ketidakpastian, dan mendukung pola metabolisme yang stabil.

### **Penggunaan Baterai Cadangan (UPS Mini): Ketahanan Operasional terhadap Pemadaman Listrik**

Salah satu kerentanan utama perangkat elektronik yang beroperasi terus-menerus di rumah tangga adalah pemadaman listrik yang tidak terduga. Untuk mengatasi masalah kritis ini dan memastikan operasional yang tak terputus, integrasi baterai cadangan atau sistem UPS (Uninterruptible Power Supply) mini akan sangat meningkatkan keandalan dan ketahanan CatPour. Sistem ini akan memungkinkan alat tetap berfungsi secara normal saat terjadi pemadaman listrik dalam durasi tertentu, kapasitas yang bergantung pada ukuran dan jenis baterai yang digunakan. Ini berarti CatPour akan terus memberi makan hewan peliharaan sesuai jadwal, bahkan ketika pasokan listrik utama terhenti, menghilangkan kekhawatiran pemilik tentang hewan yang kelaparan atau rutinitas makan yang terganggu. Solusi ini sangat ideal dan krusial untuk daerah yang sering mengalami fluktuasi atau pemadaman listrik, memberikan lapisan ketenangan pikiran yang substansial bagi pemilik hewan peliharaan.

### **Sistem Pengenal Wajah (Facial Recognition): Personalisasi Pakan Multipel untuk Setiap Hewan**

Untuk rumah tangga yang memiliki lebih dari satu hewan peliharaan, fitur yang sangat canggih dan inovatif adalah implementasi sistem pengenal wajah (facial recognition). Konsep ini dapat dicapai dengan mengintegrasikan modul kamera kecil dan hemat daya seperti ESP32-CAM atau



kamera mini lainnya yang kompatibel dengan mikrokontroler. Modul ini akan memungkinkan CatPour untuk mendeteksi dan secara akurat mengidentifikasi kucing atau hewan peliharaan tertentu saat mereka mendekati mangkuk pakan. Dengan kemampuan identifikasi individu ini, sistem dapat melakukan personalisasi pakan yang luar biasa dan presisi, mengoptimalkan kesehatan setiap hewan:

1. **Memberikan jenis pakan yang berbeda** untuk kucing atau hewan peliharaan dengan kebutuhan diet khusus (misalnya, pakan diet rendah kalori untuk kucing obesitas, pakan bebas alergen untuk kucing dengan alergi makanan tertentu, atau suplemen medis yang dicampur pakan hanya untuk satu hewan yang sedang dalam pengobatan).
2. **Mengatur porsi yang berbeda** untuk hewan dengan berat badan, usia, tingkat aktivitas, atau kondisi kesehatan yang bervariasi, memastikan setiap individu mendapatkan jumlah nutrisi yang tepat dan sesuai.
3. **Mencegah satu kucing "mencuri" atau memakan jatah kucing lain**, sebuah masalah umum yang sering terjadi di rumah dengan banyak hewan, yang dapat menyebabkan *overfeeding* pada satu hewan dan *underfeeding* pada hewan lainnya. Sistem ini akan memastikan setiap hewan hanya mendapatkan porsi yang telah dialokasikan untuknya.
4. **Mencatat konsumsi pakan per individu**, memberikan data yang lebih akurat untuk analisis kesehatan jangka panjang.

Fitur ini akan membawa tingkat personalisasi dan manajemen kesehatan yang belum pernah ada sebelumnya pada *pet feeder*, memastikan setiap hewan mendapatkan perawatan gizi yang disesuaikan dan optimal.

#### **Antarmuka Pengguna Interaktif: Kontrol Langsung yang Intuitif di Perangkat**

Meskipun aplikasi *mobile* menawarkan kemudahan dan fleksibilitas kontrol jarak jauh, memiliki antarmuka pengguna yang langsung pada perangkat juga sangat penting untuk aksesibilitas, kemudahan penggunaan, dan umpan balik instan. Dengan menambahkan OLED (Organic Light-Emitting Diode) Display atau layar TFT (Thin-Film Transistor) yang lebih besar dan berwarna, CatPour dapat menampilkan informasi penting secara *real-time* langsung di perangkat. Informasi ini bisa mencakup status alat saat ini (misalnya, "Mode Siaga," "Sedang Mengisi Pakan," "Pakan Habis," atau "Error: Motor Macet"), jadwal makan berikutnya yang akan datang, berat pakan aktual di mangkuk, dan bahkan menu konfigurasi yang intuitif langsung pada perangkat tanpa memerlukan komputer host atau *smartphone*. Pengguna dapat menavigasi menu menggunakan tombol fisik, *rotary encoder*, atau bahkan antarmuka sentuh (jika layar mendukung) untuk mengatur jadwal, mengkalibrasi sensor, melihat riwayat pakan, atau menyesuaikan pengaturan lain secara instan. Ini memberikan fleksibilitas dan kenyamanan bagi pengguna yang mungkin

tidak selalu ingin menggunakan *smartphone*, memiliki keterbatasan akses internet, atau sekadar lebih suka interaksi langsung dengan perangkat.

Secara keseluruhan, potensi pengembangan teknologi yang luas dan multi-faceted ini membuka peluang besar untuk mengembangkan CatPour sebagai produk *smart pet feeder* yang sangat canggih, kaya fitur, dan mampu bersaing secara langsung dengan produk komersial internasional yang sudah ada di pasaran. Dengan fondasi *open-source* dan modularitas, CatPour tidak hanya menjadi sebuah produk jadi, melainkan sebuah ekosistem yang dapat terus diperbarui, disempurnakan, dan bahkan diadaptasi oleh komunitas *maker* dan *developer*, mendorong inovasi berkelanjutan di bidang perawatan hewan peliharaan berbasis teknologi dan secara signifikan meningkatkan kualitas hidup hewan dan pemiliknya.

## 6.4 Dampak Terhadap Inovasi Lokal dan Ekonomi Kreatif

CatPour, dengan segala kesederhanaan desainnya yang tampak namun kecanggihan fungsionalitas intinya, melampaui sekadar menjadi perangkat pemberi pakan otomatis biasa. Sebagai alat yang dibangun berbasis mikrokontroler dengan komponen-komponen elektronik dan material fisik yang relatif mudah didapat dan terjangkau, ia secara inheren menjadi simbol dan pendorong kuat bagi semangat inovasi mandiri (*DIY/Do-It-Yourself*) serta gerakan teknologi lokal. Proyek ini secara gamblang menunjukkan bagaimana teknologi tingkat "pembuat" (*maker*), yang seringkali dianggap sebagai hobi, sebenarnya dapat menghasilkan solusi nyata yang berdaya saing tinggi, memutus ketergantungan pada produk impor yang mahal dan seringkali tidak dapat dimodifikasi, serta secara signifikan berkontribusi pada pengembangan ekonomi kreatif di tingkat akar rumput dan komunitas. Dampak positifnya terhadap ekosistem inovasi dan lanskap ekonomi kreatif di Indonesia, khususnya di daerah seperti Malang, dapat dianalisis dari beberapa aspek kunci yang saling terkait:

1. **Produk Buatan Lokal yang Kompetitif dan Sangat Dapat Dikustomisasi:** Di pasar global yang didominasi oleh produk impor dari industri manufaktur raksasa, CatPour menawarkan sebuah angin segar dan menjadi contoh nyata dari produk buatan lokal yang secara mengejutkan kompetitif. Keunggulan kompetitif utamanya tidak hanya terletak pada harga yang jauh lebih terjangkau dibandingkan *smart pet feeder* komersial yang sejenis—yang seringkali datang dengan label harga premium—tanpa harus mengorbankan fungsionalitas esensial atau keandalan. Lebih dari itu, sifat *open-source* dan arsitektur modularnya memberikan fleksibilitas luar biasa yang tidak dimiliki produk *mass-produced*. Pengguna atau *maker* lokal dapat secara aktif terlibat dalam proses modifikasi: mereka bisa menyesuaikan desain fisik *casing* agar sesuai dengan estetika rumah mereka, menambahkan sensor atau aktuator spesifik untuk fitur-fitur baru (misalnya, sensor tingkat pakan yang lebih canggih, atau aktuator yang berbeda), atau bahkan mengadaptasi program (*firmware*) sesuai kebutuhan unik hewan peliharaan

mereka atau kondisi lingkungan—sesuatu yang hampir mustahil dilakukan pada produk komersial *closed-source*. Kemampuan kustomisasi yang mendalam ini menciptakan nilai tambah yang unik dan menarik bagi segmen konsumen yang mencari solusi personal, adaptif, dan terjangkau.

2. **Potensi Menjadi Produk UMKM Berbasis Teknologi yang Berkelanjutan:** CatPour memiliki potensi yang sangat besar untuk berkembang menjadi produk unggulan bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) berbasis teknologi di Indonesia. Ini bukan sekadar ide, melainkan model bisnis yang dapat diwujudkan. Model distribusinya bisa sangat fleksibel dan disesuaikan dengan kapasitas UMKM:

- **Kit DIY (Do-It-Yourself) yang Edukatif:** CatPour dapat dikemas dan dijual dalam bentuk kit yang berisi semua komponen yang diperlukan (mikrokontroler Arduino, sensor, motor, potongan kayu yang sudah presisi, kabel, dan lain-lain) lengkap dengan instruksi perakitan yang jelas dan panduan pemrograman dasar. Model ini tidak hanya menarik segmen pasar *maker*, hobiis, atau individu yang ingin belajar tentang elektronika, pemrograman, dan desain produk sambil membangun perangkat fungsional, tetapi juga menjadi alat edukasi yang powerful. Ini mendorong partisipasi aktif konsumen dalam proses penciptaan dan menumbuhkan keterampilan teknis baru.
- **Alat Jadi (Pre-Assembled) untuk Kemudahan Pengguna:** Untuk konsumen yang menginginkan kemudahan penggunaan tanpa perlu merakit sendiri, CatPour dapat diproduksi dan dijual dalam bentuk alat jadi yang sudah terakit dan siap pakai. Produksi ini dapat dilakukan oleh UMKM lokal dengan skala kecil hingga menengah, secara langsung menciptakan lapangan kerja dan memfasilitasi transfer pengetahuan dan keterampilan di tingkat komunitas. Ini juga dapat mendorong spesialisasi, di mana beberapa UMKM fokus pada produksi komponen mekanis, sementara yang lain fokus pada perakitan elektronik.
- **Distribusi Diversifikasi di Marketplace Online dan Offline:** Produk ini sangat cocok untuk dipasarkan melalui berbagai *marketplace online* (seperti e-commerce lokal maupun global, platform khusus *maker* seperti Tokopedia, Shopee, atau bahkan Etsy untuk pasar internasional) maupun *offline* (toko elektronik lokal, pameran UMKM, bazaar, atau toko hewan peliharaan). Model distribusi yang diversifikasi ini

memungkinkan jangkauan pasar yang luas dengan investasi awal yang relatif rendah, menjangkau audiens yang lebih besar.

3. **Mendorong Kolaborasi Lintas Disiplin dan Sinergi Komunitas:** Proyek seperti CatPour secara inheren mendorong dan memfasilitasi kolaborasi yang erat antara berbagai disiplin ilmu, profesi, dan pemangku kepentingan. Hal ini secara efektif menyatukan dan menciptakan sinergi antara:

- **Pelaku Industri Kreatif:** Termasuk desainer produk untuk estetika dan ergonomi, pengrajin kayu untuk *casing* dan finishing yang menarik, atau desainer grafis untuk branding dan kemasan.
- **Teknisi Elektronika:** Yang bertanggung jawab atas perakitan sirkuit, *troubleshooting* komponen, dan memastikan kinerja optimal.
- **Programmer/Developer:** Yang fokus pada pengembangan *firmware* mikrokontroler, logika otomatisasi, dan potensi pengembangan aplikasi IoT.
- **Komunitas Pecinta Hewan:** Sebagai *end-user* yang memberikan *feedback* berharga tentang kebutuhan riil, menguji coba produk dalam kondisi nyata, dan membantu dalam pemasaran *word-of-mouth*. Sinergi antar disiplin ini tidak hanya memperkaya proyek CatPour itu sendiri dengan berbagai perspektif dan keahlian, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan ekosistem inovasi lokal yang lebih kuat, dinamis, dan saling mendukung, di mana ide-ide dapat mengalir bebas dan keahlian dapat saling melengkapi.

4. **Meningkatkan Kesadaran dan Literasi Teknologi Praktis untuk Kebutuhan Sehari-hari di Rumah:** CatPour berfungsi sebagai bukti nyata bahwa teknologi canggih tidak harus selalu identik dengan kompleksitas yang menakutkan atau biaya yang mahal. Dengan melihat bagaimana CatPour mengatasi masalah sehari-hari yang umum seperti pemberian pakan hewan peliharaan, masyarakat umum—termasuk individu yang mungkin belum familiar dengan dunia teknologi—dapat lebih mudah memahami dan menerima teknologi praktis yang dapat diterapkan secara langsung untuk meningkatkan kualitas hidup di rumah. Ini secara efektif mendemistifikasi teknologi, mengubahnya dari sesuatu yang abstrak dan eksklusif menjadi alat yang dapat diakses, bermanfaat, dan bahkan menyenangkan untuk dipelajari. Pada akhirnya, ini memicu minat dan rasa ingin tahu lebih lanjut dalam inovasi lokal lainnya, mendorong adopsi solusi teknologi dalam berbagai aspek kehidupan rumah tangga.

Pada akhirnya, dengan mengadopsi model produksi skala kecil hingga menengah yang fleksibel dan skema distribusi berbasis komunitas yang kuat, CatPour memiliki potensi besar untuk menjadi lebih dari sekadar produk pasar. Ia dapat menjelma menjadi simbol kemandirian teknologi dari bawah (*grassroots innovation*), menunjukkan kepada dunia bahwa inovasi sejati tidak hanya lahir dari laboratorium raksasa atau pusat industri besar. Ia adalah bukti konkret bahwa ide-ide cemerlang dapat tumbuh dari kebutuhan lokal, dikembangkan dengan sumber daya yang dapat diakses oleh masyarakat umum, dan pada akhirnya memberikan dampak ekonomi serta sosial yang signifikan, memberdayakan komunitas lokal, dan menciptakan nilai nyata dalam ekonomi kreatif. Ini adalah contoh bagaimana semangat *maker* dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dan pembangunan yang berkelanjutan.

## 6.5 Arah Pengembangan Jangka Panjang

Untuk memastikan keberlanjutan dan relevansi jangka panjang dari proyek CatPour, yang telah menunjukkan potensi besar sebagai solusi pakan otomatis berbasis *open-source*, diperlukan sebuah peta jalan strategis yang komprehensif. Perjalanan dari prototipe fungsional menuju produk yang matang, diadopsi secara luas, dan terus berkembang membutuhkan serangkaian langkah yang terencana dan terfokus. Arah pengembangan ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga mencakup dimensi produk, komunitas, dan legalitas.

Berikut adalah beberapa arah strategis pengembangan CatPour yang akan membawanya ke tingkat selanjutnya:

### 1. Pengujian Jangka Panjang dan Validasi Keandalan: Membangun Kepercayaan

Setelah prototipe terbukti berfungsi dalam pengujian awal, langkah krusial berikutnya adalah pengujian jangka panjang. Ini melibatkan menguji keandalan sistem CatPour dalam penggunaan harian selama berminggu-minggu, bahkan berbulan-bulan, dalam kondisi nyata. Pengujian ini akan menargetkan beberapa aspek vital:

- **Daya Tahan Komponen:** Memastikan servo motor tidak mudah aus, sensor tetap akurat setelah ribuan siklus penggunaan, dan elektronik tidak mengalami *overheat*.
- **Stabilitas Perangkat Lunak:** Memverifikasi bahwa *firmware* tidak mengalami *bug* atau *crash* setelah beroperasi terus-menerus dalam waktu lama.
- **Variasi Pakan:** Menguji kinerja dengan berbagai jenis dan ukuran pakan untuk memastikan adaptabilitas.
- **Kondisi Lingkungan:** Memantau performa dalam berbagai kondisi suhu dan kelembapan. Data dari pengujian ini akan sangat berharga untuk mengidentifikasi potensi titik

kegagalan, meningkatkan durabilitas, dan membangun kepercayaan pengguna terhadap produk akhir. Validasi ini adalah fondasi untuk reputasi keandalan CatPour.

## 2. Pengembangan Produk Komersial yang Optimal: Dari Prototipe ke Solusi Pasar

Meskipun konsep *open-source* mendorong modifikasi, untuk menjangkau pasar yang lebih luas dan profesional, CatPour perlu bertransformasi menjadi produk yang lebih polished. Ini melibatkan mendesain ulang versi final dengan estetika dan fungsionalitas kelas komersial:

1. **Casing Produk yang Estetik dan Fungsional:** Mengganti rangka kayu triplek sederhana dengan *casing* dari bahan plastik cetak (misalnya melalui teknik *injection molding* atau 3D printing yang lebih canggih). *Casing* plastik akan menawarkan tampilan yang lebih modern, tahan air, lebih higienis, dan mudah dibersihkan. Desainnya juga harus ergonomis dan minimalis, menyatu harmonis dengan interior rumah modern.
2. **Printed Circuit Board (PCB) Khusus:** Mengganti *breadboard* atau PCB universal dengan PCB cetak kustom yang dirancang khusus untuk CatPour. PCB ini akan mengintegrasikan semua komponen elektronik secara rapi, mengurangi kerumitan *wiring*, meningkatkan keandalan, dan memudahkan proses produksi massal.
3. **Pengembangan Aplikasi Mobile yang Matang:** Mengembangkan aplikasi *mobile* yang lengkap dan *user-friendly*, yang bukan hanya *mockup* Figma. Aplikasi ini akan menyediakan kontrol penuh (penjadwalan, porsi, manual override), *monitoring* data (konsumsi pakan, level pakan), dan notifikasi *real-time* dengan antarmuka yang intuitif dan menarik. Ini adalah jembatan utama interaksi pengguna dengan *smart feeder*.
4. **Fitur Tambahan yang Diminta Pasar:** Mengintegrasikan fitur-fitur yang teridentifikasi sebagai prioritas dari riset pasar, seperti *voice assistant integration*, *facial recognition*, atau sensor tambahan untuk pemantauan kesehatan hewan.

## 3. Pengembangan Komunitas Pengguna dan Kontributor: Ekosistem Berkelanjutan

Esensi dari sebuah proyek *open-source* adalah komunitas. Untuk CatPour, penting untuk membentuk forum atau platform terbuka yang aktif bagi pengguna dan pengembang. Platform ini akan berfungsi sebagai:

1. **Pusat Dukungan Pengguna:** Tempat bagi pengguna untuk bertanya, berbagi tips, dan melaporkan masalah.
2. **Basis Kolaborasi Pengembang:** Forum bagi *developer* untuk berbagi kode, ide, *firmware* modifikasi, dan desain *hardware* baru.
3. **Gudang Pengetahuan:** Repositori untuk dokumentasi, *tutorial*, dan *troubleshooting*.

4. **Mendorong Inovasi Berkelanjutan:** Dengan komunitas yang aktif, CatPour dapat terus diperbaiki dan dikembangkan secara desentralisasi, memastikan relevansi jangka panjang dan adaptasi terhadap teknologi baru. Ini adalah mesin pertumbuhan yang paling powerful.

#### 4. Penyusunan Dokumentasi Lengkap dan Aksesibel: Membangun Kemandirian

Agar proyek ini dapat diadopsi dan dimodifikasi secara luas, penyusunan dokumentasi yang sangat lengkap dan mudah diakses adalah mutlak. Dokumentasi ini harus mencakup:

1. **Panduan Instalasi dan Perakitan:** Instruksi langkah demi langkah yang jelas untuk merakit CatPour, baik untuk versi DIY maupun alat jadi.
2. **Panduan Pemrograman:** Penjelasan detail tentang kode, *library* yang digunakan, dan bagaimana memodifikasi *firmware*.
3. **Panduan Troubleshooting:** Daftar masalah umum dan solusi yang jelas untuk membantu pengguna memecahkan masalah tanpa perlu dukungan eksternal.
4. **Video Tutorial:** Serangkaian video yang mendemonstrasikan proses perakitan, konfigurasi, dan penggunaan fitur-fitur utama.
5. **Skema Elektronik dan Desain Mekanis:** Diagram dan file CAD yang lengkap untuk memungkinkan replikasi dan modifikasi *hardware*. Dokumentasi yang berkualitas tinggi akan memberdayakan pengguna dan *maker*, menurunkan hambatan masuk, dan mendorong adopsi yang lebih luas.

#### 5. Lisensi dan Produksi Skala Kecil: Mendorong Ekonomi Lokal

Untuk memastikan CatPour dapat diwujudkan sebagai produk komersial sekaligus mempertahankan semangat *open-source* dan mendukung ekonomi lokal, diperlukan strategi lisensi dan produksi yang cermat:

1. **Penerapan Lisensi *Open-Source* yang Tepat:** Memilih lisensi *open-source* yang memungkinkan penggunaan, modifikasi, dan distribusi ulang secara bebas, namun juga dapat mengakomodasi model bisnis. Lisensi seperti MIT License atau Apache License memungkinan inovasi sambil tetap terbuka.
2. **Mendorong Produksi UMKM Lokal:** Memberikan kesempatan dan dukungan bagi UMKM lokal (misalnya, di Malang) untuk memproduksi dan menjual alat secara legal, baik dalam bentuk kit DIY maupun alat jadi. Ini bisa melibatkan pembuatan *template* kontrak atau perjanjian lisensi yang sederhana dan non-eksklusif. Ini akan menciptakan ekosistem UMKM yang berbasis teknologi, membuka lapangan kerja, dan mendorong rantai pasokan lokal.

3. **Model Bisnis Berbasis Komunitas:** Membangun model bisnis yang adil dan transparan, yang mungkin melibatkan royalti kecil untuk pemeliharaan proyek inti atau mendorong UMKM untuk berkontribusi kembali ke komunitas *open-source*.

Langkah-langkah strategis ini akan membawa CatPour dari sekadar sebuah proyek prototipe atau *proof-of-concept* menjadi produk teknologi berbasis masyarakat yang matang, *open-source*, dan berkelanjutan. Ini adalah visi untuk menciptakan dampak nyata dalam kehidupan sehari-hari, memberdayakan inovasi lokal, dan membuktikan bahwa teknologi dapat menjadi kekuatan pendorong untuk kesejahteraan bersama.



# BAB VII PENUTUP

## 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan proses yang telah dilalui, mulai dari tahap perancangan konseptual yang matang, implementasi fisik dan pemrograman yang teliti, hingga serangkaian pengujian fungsional dan validasi kinerja yang komprehensif, dapat disimpulkan dengan keyakinan penuh bahwa CatPour berhasil direalisasikan sebagai sebuah alat pemberi pakan otomatis berbasis Arduino Nano yang tidak hanya fungsional, tetapi juga efisien, andal, dan sangat ramah pengguna. Keberhasilan ini menempatkan CatPour sebagai solusi inovatif yang mampu mengatasi tantangan umum dalam manajemen pakan hewan peliharaan di era modern.

Sistem CatPour, dalam konfigurasinya saat ini, telah membuktikan kapabilitasnya dalam beberapa aspek kunci:

1. **Deteksi Keberadaan Kucing secara Otomatis dan Cerdas:** CatPour dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi sebagai "mata" sistem. Sensor ini terbukti efektif dalam mendeteksi keberadaan kucing secara otomatis saat mereka mendekati area mangkuk pakan dalam jarak tertentu. Kemampuan deteksi ini esensial untuk memicu logika pemberian pakan hanya ketika hewan peliharaan siap untuk makan, menghindari pemborosan pakan atau pemicuan yang tidak perlu. Pengujian menunjukkan akurasi deteksi yang tinggi, memastikan respons yang tepat pada saat yang tepat.
2. **Pengukuran dan Pengaturan Berat Pakan dengan Presisi Tinggi:** Inti dari fungsi kontrol pakan CatPour terletak pada kombinasi sensor *load cell* dan modul HX711. Sistem ini mampu mengukur berat pakan yang ada di dalam mangkuk dengan tingkat presisi yang tinggi, memungkinkan CatPour untuk mengetahui secara akurat berapa banyak pakan yang tersisa atau berapa banyak yang telah dikeluarkan. Lebih lanjut, kemampuan ini memungkinkan sistem untuk mengatur jumlah pakan yang akan dikeluarkan, memastikan bahwa hewan peliharaan menerima porsi yang tepat sesuai kebutuhan diet mereka, sehingga menghindari *overfeeding* atau *underfeeding* yang dapat berdampak buruk bagi kesehatan.
3. **Otomatisasi Pemberian Pakan Berbasis Waktu dan Kondisi Mangkuk:** CatPour mengintegrasikan logika cerdas untuk mengatur pemberian pakan secara otomatis. Ini tidak hanya didasarkan pada jadwal waktu yang telah diprogram (misalnya, setiap

beberapa jam atau pada jam tertentu), tetapi juga pada kondisi aktual mangkuk pakan yang dibaca oleh *load cell*. Jika mangkuk terdeteksi kosong atau di bawah ambang batas berat tertentu pada saat jadwal makan, barulah servo motor akan diaktifkan untuk membuka saluran pakan. Sebaliknya, jika mangkuk sudah terisi cukup pakan, sistem tidak akan mengeluarkan pakan tambahan. Fungsi ganda ini memastikan pakan selalu tersedia sesuai kebutuhan tanpa berlebihan, dan secara otomatis menyesuaikan diri dengan pola makan hewan.

4. **Menjawab Kebutuhan Pemilik Hewan Peliharaan Modern:** CatPour secara efektif menjawab kebutuhan mendesak pemilik hewan peliharaan modern yang memiliki gaya hidup sibuk atau sering bepergian. Dengan CatPour, mereka tidak perlu lagi khawatir tentang jadwal pemberian pakan manual yang rigid atau mencari *pet sitter* untuk urusan pakan. Sistem ini menawarkan konsistensi dan keandalan dalam pemberian pakan, yang sangat krusial terutama saat pemilik tidak berada di rumah. Ini memberikan ketenangan pikiran yang tak ternilai, mengetahui bahwa hewan kesayangan mereka tetap terawat dengan baik dan mendapatkan pakan yang tepat waktu.
5. CatPour adalah sistem pemberian pakan otomatis yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pemilik hewan peliharaan modern yang menginginkan efisiensi, kenyamanan, dan kontrol penuh dalam merawat hewan kesayangan mereka. Dengan mengintegrasikan berbagai sensor dan teknologi canggih, CatPour memastikan bahwa hewan peliharaan mendapatkan pakan yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan, bahkan saat pemilik tidak berada di rumah.

#### **6. Deteksi Keberadaan Kucing secara Otomatis dan Cerdas**

CatPour dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi sebagai "mata" sistem. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan kucing saat mereka mendekati area mangkuk pakan dalam jarak tertentu. Kemampuan deteksi ini esensial untuk memicu logika pemberian pakan hanya ketika hewan peliharaan siap untuk makan, menghindari pemborosan pakan atau pemicuan yang tidak perlu. Pengujian menunjukkan akurasi deteksi yang tinggi, memastikan respons yang tepat pada saat yang tepat.

#### **7. Pengukuran dan Pengaturan Berat Pakan dengan Presisi Tinggi**

Inti dari fungsi kontrol pakan CatPour terletak pada kombinasi sensor load cell dan modul HX711. Sistem ini mampu mengukur berat pakan yang ada di dalam mangkuk dengan tingkat presisi yang tinggi, memungkinkan CatPour untuk mengetahui secara akurat berapa banyak pakan yang tersisa atau berapa banyak yang telah dikeluarkan. Lebih lanjut, kemampuan ini memungkinkan sistem

untuk mengatur jumlah pakan yang akan dikeluarkan, memastikan bahwa hewan peliharaan menerima porsi yang tepat sesuai kebutuhan diet mereka, sehingga menghindari overfeeding atau underfeeding yang dapat berdampak buruk bagi kesehatan.

## **8. Otomatisasi Pemberian Pakan Berbasis Waktu dan Kondisi Mangkuk**

9. CatPour mengintegrasikan logika cerdas untuk mengatur pemberian pakan secara otomatis. Ini tidak hanya didasarkan pada jadwal waktu yang telah diprogram (misalnya, setiap beberapa jam atau pada jam tertentu), tetapi juga pada kondisi aktual mangkuk pakan yang dibaca oleh load cell. Jika mangkuk terdeteksi kosong atau di bawah ambang batas berat tertentu pada saat jadwal makan, barulah servo motor akan diaktifkan untuk membuka saluran pakan. Sebaliknya, jika mangkuk sudah terisi cukup pakan, sistem tidak akan mengeluarkan pakan tambahan. Fungsi ganda ini memastikan pakan selalu tersedia sesuai kebutuhan tanpa berlebihan, dan secara otomatis menyesuaikan diri dengan pola makan hewan.

## **10. Menjawab Kebutuhan Pemilik Hewan Peliharaan Modern**

CatPour secara efektif menjawab kebutuhan mendesak pemilik hewan peliharaan modern yang memiliki gaya hidup sibuk atau sering bepergian. Dengan CatPour, mereka tidak perlu lagi khawatir tentang jadwal pemberian pakan manual yang rigid atau mencari pet sitter untuk urusan pakan. Sistem ini menawarkan konsistensi dan keandalan dalam pemberian pakan, yang sangat krusial terutama saat pemilik tidak berada di rumah. Ini memberikan ketenangan pikiran yang tak ternilai, mengetahui bahwa hewan kesayangan mereka tetap terawat dengan baik dan mendapatkan pakan yang tepat waktu.

11. Dengan integrasi teknologi ini, CatPour tidak hanya mempermudah rutinitas pemberian makan, tetapi juga memberikan ketenangan pikiran bagi pemilik hewan, memastikan bahwa kebutuhan nutrisi hewan peliharaan terpenuhi secara konsisten dan tepat waktu. Inovasi semacam ini mencerminkan bagaimana teknologi dapat berperan penting dalam meningkatkan kualitas hidup baik bagi hewan peliharaan maupun pemiliknya.

Selain fungsionalitas inti yang telah terbukti, CatPour juga menunjukkan keunggulan dalam aspek praktis lainnya. Alat ini terbukti mudah dirakit, berkat desain modular dan penggunaan komponen standar yang umum tersedia di pasaran. Biaya produksi yang relatif terjangkau menjadikannya alternatif yang ekonomis dibandingkan produk komersial serupa. Yang tak kalah penting, konsep desain *open-source* dan modularnya menunjukkan bahwa CatPour memiliki potensi pengembangan yang luas dan berkelanjutan di masa depan, khususnya menuju sistem berbasis IoT (Internet of Things) maupun aplikasi pintar. Ini berarti CatPour bukan sekadar proyek sekali pakai, melainkan sebuah platform yang dapat terus berevolusi, mengintegrasikan fitur-fitur

canggih seperti kontrol jarak jauh, notifikasi *real-time*, *data monitoring*, bahkan pengenalan hewan individu, untuk menjadi solusi *smart pet feeder* yang lebih komprehensif dan kompetitif di pasar global.

## 7.2 Keterbatasan

Meskipun prototipe CatPour telah berhasil menunjukkan fungsionalitas inti yang solid dan kinerja yang memuaskan dalam serangkaian pengujian awal, penting untuk secara transparan mengakui bahwa terdapat beberapa keterbatasan inheren pada desain dan implementasi saat ini. Mengidentifikasi dan memahami keterbatasan ini bukan berarti mengecilkan capaian proyek, melainkan merupakan langkah krusial dalam siklus pengembangan produk. Keterbatasan ini menjadi masukan penting dan berharga untuk peningkatan performa, fleksibilitas, dan ketahanan alat di masa depan, membimbing arah pengembangan selanjutnya agar CatPour dapat menjadi solusi yang lebih robust dan komprehensif.

Berikut adalah beberapa keterbatasan utama dari prototipe CatPour saat ini:

**Sistem Belum Sepenuhnya Terintegrasi dengan Modul Waktu (RTC) atau Sistem Aplikasi Jarak Jauh:** Pada prototipe ini, penjadwalan waktu pakan mungkin masih bergantung pada timer internal mikrokontroler Arduino yang tidak dilengkapi dengan fitur battery backup atau real-time clock eksternal. Ini berarti, jika terjadi pemadaman listrik atau alat dihidupkan ulang, waktu internal Arduino bisa saja reset, sehingga jadwal pemberian pakan menjadi tidak akurat hingga diatur ulang secara manual. Lebih jauh lagi, keterbatasan terbesar adalah ketiadaan integrasi dengan sistem aplikasi jarak jauh. Saat ini, tidak ada antarmuka yang memungkinkan pemilik mengontrol CatPour dari smartphone mereka atau memantau status alat saat mereka tidak berada di rumah. Ini membatasi kenyamanan dan kapabilitas pemantauan jarak jauh yang sangat dicari dalam perangkat smart home modern.

**Absennya Sistem Notifikasi atau Peringatan Otomatis:** Salah satu fitur krusial yang belum ada pada prototipe ini adalah sistem notifikasi atau peringatan otomatis. Jika terjadi gangguan operasional—misalnya, pakan di wadah utama habis total, servo motor macet karena adanya sumbatan pakan, sensor load cell mengalami error, atau koneksi sensor terputus—sistem saat ini tidak memiliki mekanisme untuk memberitahukan pemilik secara proaktif. Pemilik hanya akan menyadari adanya masalah jika mereka secara langsung memeriksa alat atau melihat hewan peliharaan mereka tidak makan. Hal ini berpotensi menyebabkan hewan peliharaan kelaparan atau rutinitas makan terganggu tanpa diketahui oleh pemilik, mengurangi tingkat keandalan dan ketenangan pikiran yang seharusnya ditawarkan oleh alat otomatis.

**Desain Struktural Masih Menggunakan Material Sederhana dan Rentan terhadap Lingkungan Ekstrem:** Desain fisik prototipe CatPour saat ini menggunakan material sederhana, khususnya

kayu triplek. Meskipun material ini terjangkau dan mudah diproses untuk pembuatan prototipe, ia memiliki keterbatasan signifikan:

**Ketahanan Terhadap Kelembapan Tinggi:** Kayu triplek rentan terhadap kerusakan akibat kelembapan tinggi, yang dapat menyebabkan material melengkung, lapuk, atau berjamur, terutama di lingkungan yang lembap seperti dapur atau area servis.

**Rentan Terhadap Gigitan atau Kerusakan Fisik oleh Hewan:** Hewan peliharaan, terutama kucing yang suka menggaruk atau menggigit benda, mungkin dapat merusak casing kayu CatPour seiring waktu. Ini dapat mengurangi durabilitas dan kebersihan alat.

**Aspek Higienis:** Permukaan kayu mungkin lebih sulit dibersihkan secara menyeluruh dibandingkan material lain seperti plastik atau logam food-grade, yang bisa menjadi masalah kebersihan dalam jangka panjang.

**Waktu Respon dan Akurasi Sensor Dapat Dipengaruhi oleh Gangguan Lingkungan:** Meskipun dalam pengujian laboratorium waktu respon dan akurasi sensor menunjukkan performa baik, dalam kondisi nyata, kinerja sensor masih dapat terpengaruh oleh faktor eksternal:

**Sensor Ultrasonik (HC-SR04):** Akurasi deteksi sensor ini dapat berkurang oleh pantulan suara dari benda lain di sekitarnya (misalnya, furnitur, dinding yang dekat) atau oleh kehadiran hewan lain yang mungkin lewat. Dalam lingkungan yang ramai atau sempit, hal ini bisa menyebabkan deteksi palsu atau kegagalan deteksi.

**Sensor Load Cell (HX711):** Meskipun presisi, load cell dapat mengalami pengaruh dari beban tambahan yang tidak disengaja di mangkuk (misalnya, kucing naik ke mangkuk, benda lain jatuh ke mangkuk), yang dapat menyebabkan pembacaan berat menjadi tidak akurat dan memicu pemberian pakan yang salah. Getaran dari lantai atau permukaan tempat alat diletakkan juga berpotensi memengaruhi stabilitas pembacaan.

**Variasi Pakan:** Konsistensi ukuran dan bentuk pakan dapat memengaruhi kelancaran aliran dan akurasi dosis.

Keterbatasan-keterbatasan yang telah diidentifikasi ini tidak mengurangi validitas konsep CatPour, melainkan menjadi masukan penting untuk peningkatan performa dan fleksibilitas alat ke depan. Mereka menjadi titik fokus untuk fase pengembangan selanjutnya, di mana solusi teknis dan desain yang lebih canggih akan diimplementasikan untuk mengatasi tantangan ini, membawa CatPour dari prototipe yang menjanjikan menjadi produk yang lebih matang, kuat, dan siap untuk digunakan secara luas di berbagai kondisi rumah tangga modern.

## 7.3 Saran

Untuk menyempurnakan kinerja, mengatasi keterbatasan yang telah diidentifikasi, dan secara signifikan meningkatkan nilai guna CatPour, berikut adalah beberapa saran pengembangan strategis yang dapat diimplementasikan. Saran-saran ini dirancang untuk mendorong CatPour dari prototipe yang menjanjikan menjadi solusi teknologi pintar yang lebih tangguh, adaptif, dan siap untuk adopsi yang lebih luas.

1. **Penambahan Modul RTC (Real-Time Clock) dan EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory): Presisi dan Memori Non-Volatile** Untuk mengatasi ketergantungan pada timer internal mikrokontroler dan memastikan jadwal makan yang akurat dan persisten, sangat disarankan untuk menambahkan Modul RTC eksternal. Modul ini, yang biasanya didukung oleh baterai kecil, akan menjaga waktu tetap berjalan bahkan saat daya utama CatPour dimatikan atau terputus. Ini menjamin penjadwalan makan yang lebih presisi dan fleksibel serta tidak akan *reset* jika alat mengalami mati listrik. Selain itu, integrasi dengan EEPROM akan memungkinkan CatPour untuk menyimpan konfigurasi penting (seperti jadwal makan, porsi, dan kalibrasi sensor) secara permanen. Data ini tidak akan hilang meskipun daya dimatikan, menghilangkan kebutuhan untuk pengaturan ulang manual setelah setiap *restart* atau pemadaman listrik. Ini meningkatkan kemudahan penggunaan dan keandalan sistem secara drastis.
2. **Integrasi IoT (Internet of Things) dan Pengembangan Aplikasi *Mobile*:** Kontrol dan Pemantauan Nirkabel Langkah pengembangan terpenting untuk CatPour menuju status "pintar" adalah integrasi IoT dan pengembangan aplikasi *mobile* yang komprehensif. Ini dapat dicapai dengan menghubungkan alat dengan internet menggunakan modul Wi-Fi seperti ESP8266 atau ESP32. Setelah terhubung, pemilik hewan dapat mengunduh aplikasi *smartphone* khusus yang memungkinkan kontrol jarak jauh atas CatPour dari mana saja. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat:
  - Mengatur jadwal makan baru atau memodifikasi jadwal yang sudah ada dengan mudah.
  - Memberi pakan secara manual dari jarak jauh.
  - Memantau status pakan di wadah utama dan di mangkuk.

- Menerima notifikasi *real-time* tentang aktivitas atau masalah sistem. Integrasi ini akan memberikan fleksibilitas dan ketenangan pikiran yang tak tertandingi bagi pemilik hewan peliharaan modern.
3. **Peningkatan Desain Mekanik dan Pemilihan Material:** Durabilitas dan Higienitas Untuk mengatasi keterbatasan desain struktural saat ini yang masih menggunakan material sederhana, peningkatan desain mekanik dan pemilihan material sangat dianjurkan. Idealnya, *casing* dan komponen internal yang bersentuhan dengan pakan harus menggunakan material yang lebih tahan air, ringan, dan *food-grade*. Material seperti plastik ABS yang dicetak (*injection molding*) atau akrilik akan menawarkan:
- **Ketahanan Terhadap Kelembapan Tinggi:** Mencegah kerusakan, lapuk, atau pertumbuhan jamur.
  - **Ketahanan Fisik:** Lebih kuat terhadap benturan, gigitan hewan, dan penggunaan jangka panjang.
  - **Higienitas:** Permukaan yang lebih halus dan tidak berpori akan lebih mudah dibersihkan dan mencegah penumpukan bakteri atau sisa pakan. Selain itu, desain ulang mekanisme pengeluaran pakan (corong, katup) dapat dioptimalkan untuk berbagai jenis pakan, memastikan aliran yang lebih lancar dan mengurangi potensi kemacetan.
4. **Pengembangan Fitur Notifikasi dan Peringatan yang Komprehensif:** Untuk meningkatkan keandalan dan pengalaman pengguna, CatPour harus dilengkapi dengan fitur notifikasi dan peringatan yang lebih komprehensif. Ini bisa mencakup beberapa tingkatan:
- **Indikator Visual (LED):** Penambahan LED status yang dapat berubah warna (misalnya, hijau untuk normal, kuning untuk pakan rendah, merah untuk *error*) di bagian luar alat.
  - **Indikator Audio (Buzzer):** Penggunaan *buzzer* untuk memberikan peringatan audio singkat jika terjadi gangguan (misalnya, pakan habis, servo macet, atau kucing tidak terdeteksi saat jadwal makan).
  - **Sistem Pesan Otomatis:** Melalui integrasi IoT, mengirimkan **pesan otomatis ke smartphone** pemilik (via notifikasi *push*, SMS, atau *email*) jika alat mengalami gangguan serius atau ketika pakan di wadah utama hampir habis. Fitur ini akan

memberikan informasi *real-time* dan memungkinkan pemilik untuk segera mengambil tindakan korektif.

5. **Pengujian Jangka Panjang dan Evaluasi Pengguna Komprehensif:** Sebelum CatPour dipertimbangkan untuk produksi massal atau adopsi luas, pengujian jangka panjang yang lebih ekstensif dan sistematis adalah hal yang esensial. Pengujian ini harus mensimulasikan penggunaan di berbagai lingkungan dan kondisi, memantau daya tahan komponen, stabilitas *firmware*, dan akurasi sensor selama berminggu-minggu atau berbulan-bulan. Selain itu, evaluasi pengguna secara langsung dari berbagai pemilik hewan peliharaan harus dilakukan secara terstruktur. Ini melibatkan pengumpulan *feedback* mengenai kemudahan penggunaan, fungsionalitas, desain, dan pengalaman keseluruhan. Masukan dari pengguna akhir akan sangat berharga untuk meningkatkan pengalaman pengguna (*user experience*) dan mengidentifikasi area yang perlu disempurnakan agar CatPour benar-benar memenuhi kebutuhan pasar.

Dengan penerapan saran-saran strategis ini, diharapkan CatPour dapat berkembang pesat melampaui status prototipe. Ia akan berevolusi menjadi sebuah solusi teknologi pintar berbasis lokal yang tidak hanya kompetitif dan andal, tetapi juga secara signifikan memberikan kontribusi nyata bagi pemilik hewan peliharaan melalui kenyamanan dan ketenangan pikiran yang lebih baik, komunitas pendidikan sebagai media pembelajaran interdisipliner yang inspiratif, dan ekosistem inovasi di Indonesia sebagai contoh nyata dari kemampuan rekayasa dan kreativitas anak bangsa. CatPour berpotensi menjadi simbol kemajuan teknologi yang lahir dari komunitas dan untuk komunitas.