

Rancang Bangun Tongkat Teleskopik Vacuum Leka VC327 Jaring Laba-Laba Berbasis IoT Dengan *Monitoring Android*

Hayadi Hamuda^{**1}, Anjar Setiawan², Fauzan Dika³

¹ Program Studi Sistem Komputer, Universitas Pamulang, 42183, Indonesia

^{2,3} Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pamulang, 42183, Indonesia

¹dosen02886@unpam.ac.id, ²dosen03046@unpam.ac.id, ³dosen02872@unpam.ac.id

****Corresponding Author:** dosen02886@unpam.ac.id



Cite: <https://doi.org/10.63440/jef.v3i1.139>



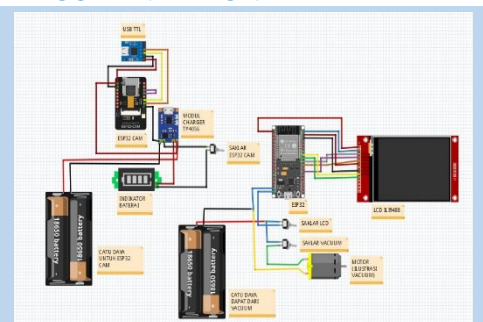
Read Online

ACCESS

Abstract: This research aims to develop and evaluate the performance of SCONER (Smart Cobweb Cleaner), an Internet of Things (IoT)-based cobweb cleaning tool for hard-to-reach areas. This tool is equipped with a 1–3 meter telescopic pole, a 2 MP ESP32 camera, an ILI9488 LCD screen for wireless monitoring, and a TP5100 module connected to Firebase for real-time battery monitoring. SCONER uses a 3000 mAh vacuum battery and a 6000 mAh camera battery with a total weight of approximately 1.3 kg, making it lightweight and easy to use.

The research method includes system design and testing the tool's performance in cleaning cobwebs and dust. The test results show that SCONER is able to work effectively, facilitate the cleaning process in hard-to-reach areas, and supports real-time monitoring of power usage. This tool has the potential to be a practical solution for household cleaning needs and professional cleaning services.

RECOMENDATION



Keyword: ESP32Cam, Firebase Database, LCD ILI9488, Sconer, Web Server

Article Info

Recieved
January 13, 2026

Revised
March 18, 2026

Accepted
May 21, 2026

Published
June 29, 2026



1. PENDAHULUAN

Jaring laba-laba yang menempel pada struktur bangunan umumnya menumpuk debu dan kotoran yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, khususnya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) [1]. WHO melaporkan bahwa ISPA masih menjadi salah satu penyebab utama kematian bayi dan anak di negara berkembang dengan kontribusi sebesar 10-20% setiap tahun [2]. Selain itu, lebih dari 4 juta kematian bayi dan anak setiap tahunnya dikaitkan dengan penyakit ISPA. Oleh karena itu, kebersihan area rumah dan bangunan, terutama pada bagian langit-langit dan sudut ruangan yang sulit dijangkau, perlu diperhatikan secara optimal [3].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan alat pembersih berbasis vakum maupun sistem monitoring kebersihan, namun sebagian besar masih memiliki keterbatasan pada jangkauan pembersihan, minimnya fitur monitoring visual, dan belum terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) [4]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan SCNER (Smart Cobweb Cleaner), yaitu alat pembersih sarang laba-laba yang dilengkapi kamera ESP32, monitoring visual nirkabel, serta pemantauan baterai secara real-time berbasis Firebase untuk meningkatkan efektivitas dan kemudahan proses pembersihan [5].

Jaring Laba-laba adalah makhluk yang luar biasa di alam, yang menonjol karena keindahan dan keunikannya. Meskipun jaring laba-laba merupakan fenomena alam yang dihasilkan oleh laba-laba, banyak orang merasa terganggu ketika tempat tinggal atau barang-barang mereka terjatuh jaring tersebut [6]. Jaring laba-laba biasanya terdapat di sudut-sudut dinding, bingkai jendela, dan langit-langit di kamar tidur dan kamar mandi bangunan, serta pada benda-benda yang jarang disentuh [7]. Sebuah jajak pendapat menunjukkan bahwa mayoritas peserta merasa tidak nyaman dan terganggu saat menemukan jaring laba-laba yang menumpuk atau kotor; selain itu, banyak yang mengungkapkan perasaan jijik dan keinginan untuk segera membersihkan jaring tersebut [8].

Lebih lanjut, salah satu responden menganggap rumahnya seperti lokasi syuting film horor, yang mengisyaratkan bahwa rumah tersebut tampak terbengkalai dalam waktu yang lama. Sebaliknya, para responden mengungkapkan perasaan nyaman, bahagia, kenikmatan estetika, relaksasi, dan kebersihan saat mengamati rumah atau bangunan yang bebas dari jaring laba-laba contoh masalah yang berkaitan dengan sarang laba-laba mencakup bangunan seperti pabrik, rumah, hotel fasilitas kesehatan seperti puskesmas, rumah sakit, perangkat listrik termasuk modul surya, yang terpenting tantangan di lingkungan area, contoh memiliki tempat tinggal, asrama mahasiswa, dan kampus universitas [9]. Sehubungan dengan jaring laba-laba di dalam fasilitas industri seperti pabrik tahu dan tempe Karya Sukses di Tangerang, keberadaan debu dan jaring laba-laba menandakan ketidakpatuhan terhadap Praktik Manufaktur yang Baik (GMP) yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Indonesia, sehingga membahayakan keamanan produk untuk konsumsi masyarakat [10].

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa masyarakat menghadapi kesulitan dalam membersihkan sarang laba-laba dari rumah atau gedung mereka karena sulitnya menjangkau lokasi-lokasi tertentu baik yang berada di tempat tinggi, di celah-celah, maupun di ruang sempit sehingga sarang laba-laba baru dibersihkan setelah menumpuk [11]. Selain tantangan dalam membersihkan area-area tersebut, masalah lain yang ditimbulkan oleh jaring laba-laba adalah bahwa pembersihannya dapat menyebabkan debu berjatuh ke lantai, mengotori pakaian, atau bahkan masuk ke mata, karena seseorang harus menengadah ke atas selama proses pembersihan. Munculnya jaring laba-laba tidak dapat diprediksi bahkan setelah dibersihkan, laba-laba mungkin pindah dan membangun jaring baru, sehingga membuat beberapa orang ragu untuk membersihkannya.

Masalah-masalah yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa masyarakat umum masih menggunakan alat-alat pembersih tradisional, termasuk sapu, lap bulu, sapu bergagang panjang, pengki, sikat bergagang panjang, dan sapu jaring laba-laba. Setiap alat memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihannya meliputi kemampuan menjangkau area yang tinggi, kebutuhan perawatan yang minimal, dan harga yang terjangkau. Sebaliknya,

kelemahannya meliputi bobot yang cukup berat atau, dalam beberapa kasus, desain yang ringan sehingga mudah bengkok dan patah penumpukan kotoran pada alat potensi kotoran menempel di lantai, kurang efisien, sehingga membutuhkan alat bantu tambahan seperti meja atau tangga, karena peralatan tersebut tidak cukup untuk mencapai area yang tinggi [12].

Mengingat banyaknya tantangan yang dihadapi pelanggan saat membersihkan sarang laba-laba seperti lokasi yang sulit dijangkau, serpihan yang berjatuhan, dan risiko partikel masuk ke mata kami bertekad untuk menghadirkan solusi untuk penelitian ini. Tiga gagasan telah diajukan untuk meringankan kesulitan pengguna dalam membersihkan sarang laba-laba dengan mengatasi masalah ini, akan diciptakan sebuah penemuan canggih guna memudahkan pembersihan sarang laba-laba secara lebih efisien dan efektif [13]. Dalam penelitian ini, riset yang akan dilakukan rancang bangun Tongkat Teleskopik Vacuum Leka VC327 Jaring Laba-Laba berbasis IoT dengan fitur monitoring melalui aplikasi Android [14]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu membantu proses pembersihan jaring laba-laba pada area yang sulit dijangkau secara efisien dan efektif. Tongkat teleskopik berhasil memperluas jangkauan alat hingga area tinggi tanpa memerlukan tanggam, Fitur vacuum pada Leka VC327 dapat menghisap jaring laba-laba secara optimal tanpa merusak permukaan sekitar, Integrasi IoT memungkinkan alat untuk terhubung dengan aplikasi Android, sehingga pengguna dapat memantau status alat, melihat notifikasi, dan mengendalikan alat dari jarak jauh [15].

Monitoring berbasis android memberikan kemudahan dalam penggunaan dan meningkatkan tingkat keamanan serta kenyamanan dalam proses pembersihan, Secara keseluruhan, hasil yang dicapai membuktikan bahwa kombinasi antara mekanik, elektronik, dan teknologi IoT dapat meningkatkan kapabilitas alat kebersihan modern, khususnya dalam pembersihan area yang sulit dijangkau dan berpotensi berbahaya jika dilakukan secara manual [16]. Berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari para responden, mereka menginginkan sebuah perangkat yang mudah digunakan, serbaguna, tahan lama, praktis, dan terjangkau. Spesifikasi lengkapnya dengan perangkat ini dapat diperpanjang untuk menjangkau area yang tinggi dan ruang sempit dilengkapi dengan mekanisme pengumpulan kotoran untuk mencegah penyebaran serpihan mampu membersihkan sarang laba-laba, dilengkapi dengan fungsi remote control, dilengkapi dengan cairan untuk mengendalikan laba-laba, serta dilengkapi dengan kamera agar pengguna tidak perlu melihat ke atas. Alat yang dirancang nantinya akan sesuai dengan standar teknis dan aturan kesehatan dan keselamatan kerja demi kenyamanan pengguna [17].

2. METODE

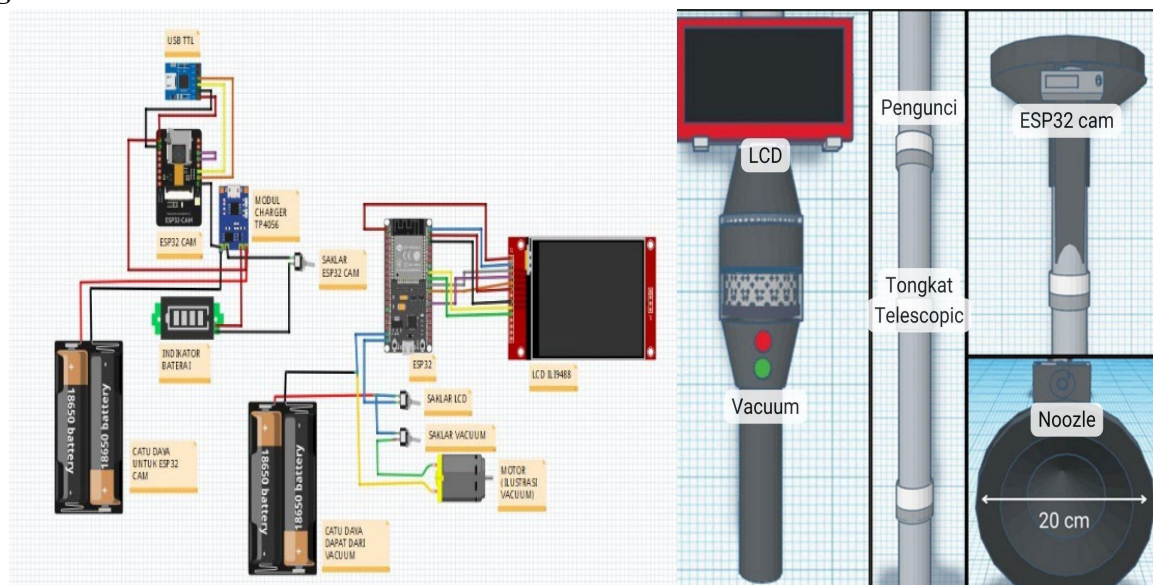
Penelitian ini merancang dan membangun prototipe tongkat teleskopik vakum LEKA 327 berbasis Internet of Things (IoT) untuk membersihkan jaring laba-laba, debu, dan kotoran pada area langit-langit yang sulit dijangkau. Sistem dilengkapi batang teleskopik dengan panjang 1,4-3,5 meter, kamera ESP32-CAM untuk mendeteksi area kotor, layar LCD sebagai media monitoring visual secara nirkabel, serta unit vakum untuk proses pembersihan. Selain itu, alat menggunakan dua baterai lithium-ion 3,7 V berkapasitas 3000 mAh yang mendukung operasional kamera, LCD, dan penyedot debu secara terpisah [18].

Variabel penelitian terdiri dari variabel independen dan dependen. Variabel independen meliputi panjang tongkat teleskopik, performa koneksi kamera nirkabel, dan kapasitas daya

baterai. Sementara itu, variabel dependen meliputi efektivitas pembersihan jaring laba-laba, kemudahan monitoring visual, serta durasi operasional alat.

Metode analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui pengujian langsung pada beberapa kondisi ruangan. Parameter kinerja yang digunakan dalam penelitian meliputi tingkat keberhasilan pembersihan jaring laba-laba dan debu, stabilitas tampilan video pada LCD, jangkauan efektif tongkat teleskopik, serta ketahanan daya baterai selama penggunaan. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi alat dalam mendukung proses pembersihan area sulit dijangkau.

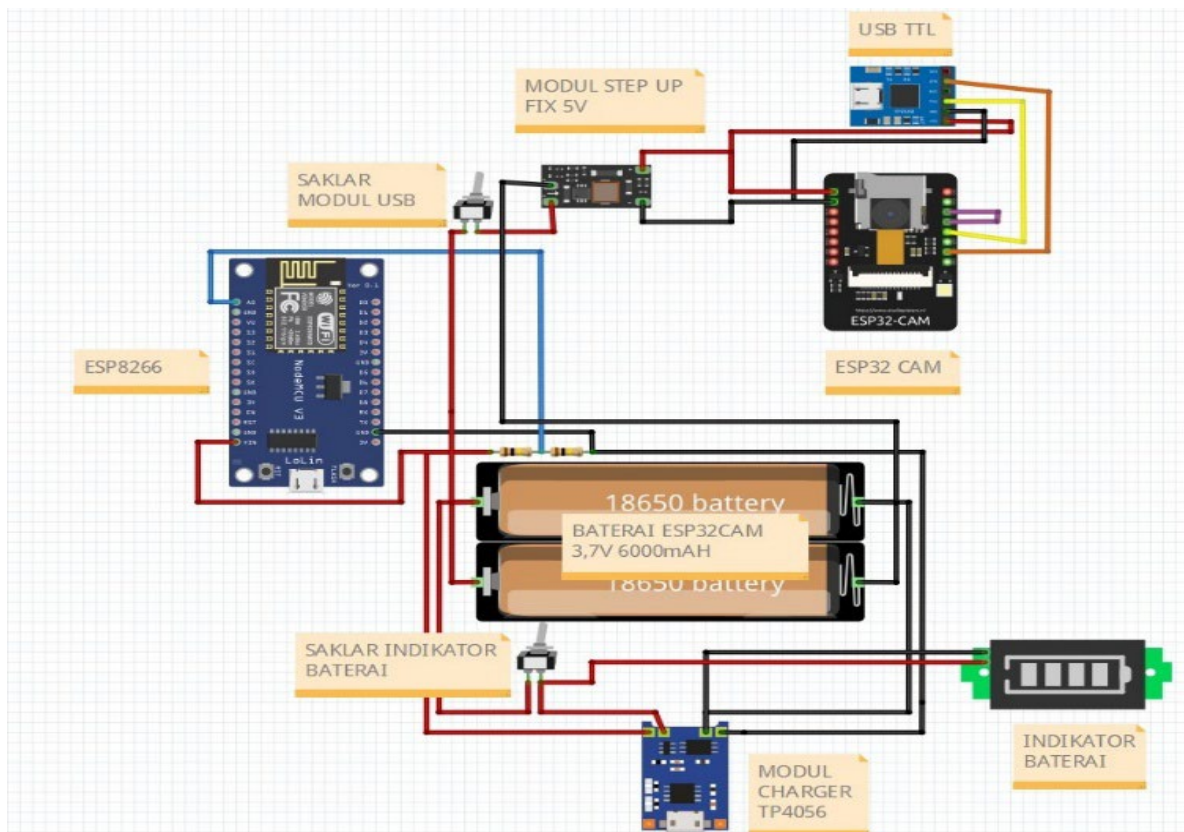
Sistem beroperasi pada alat tongkat teleskopik vacuum leka 327 jaring laba-laba berbasis IoT dengan monitoring android setelah diaktifkan dan terhubung ke Wi-Fi, kamera merekam kondisi lingkungan data yang dikumpulkan kemudian dikirimkan ke server ESP32 yang terintegrasi ke dalam layar LCD [19]. Saat mendeteksi jaring laba-laba, penyedot debu tidak memerlukan operasi terus-menerus berkat tombol dayanya. Sebaliknya, ESP32 Cam merekam kondisi lingkungan dan mengirimkan data ini ke server ESP32 yang terhubung ke LCD, memfasilitasi tampilan nirkabel dari output yang direkam pada LCD. Bagian atas dilengkapi dengan nozzle berdiameter 20 cm. Untuk informasi tambahan, silakan lihat gambar 1.



Gambar 1. Diagram Wiring Komponen Alat Pada Vacuum Leka 327 IoT

Menggambarkan desain di mana penyedot debu dan layar LCD ditempatkan di bagian dasar, berdasarkan asumsi bahwa berat penyedot debu melebihi berat pegangan, sehingga memungkinkan penyedot debu berfungsi sebagai penyangga bagi pegangan. Desain ini memastikan bahwa penyedot debu dan layar LCD tidak perlu dioperasikan secara bersamaan saat mencari sarang laba-laba pengguna baru mengaktifkan penyedot debu setelah menemukan sarang laba-laba dan membantu menghemat masa pakai baterai dengan mencegah penyedot debu diaktifkan secara bersamaan dan terus-menerus.

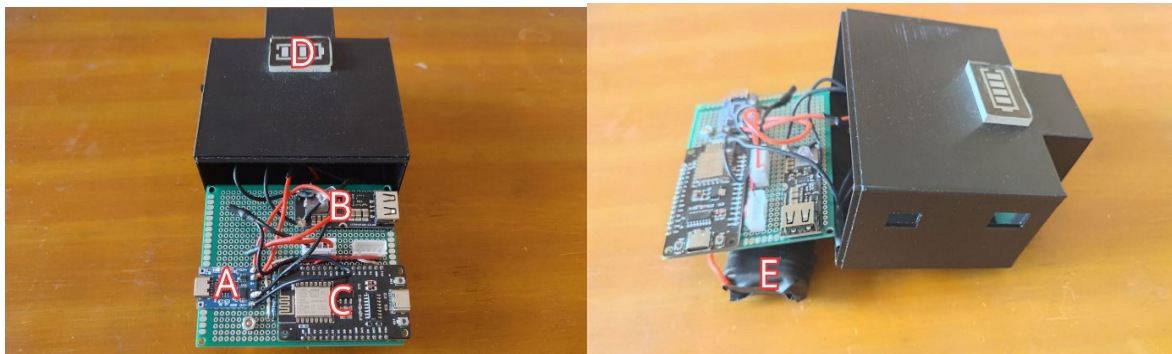
Tongkat penyedot terbuat dari tabung plastik agar tetap ringan. Selain itu, tongkat penyedot akan dilengkapi dengan segel karet di setiap sambungan untuk mengurangi kebocoran udara dan meningkatkan daya isap penyedot debu. Dilihat dari gambar 2 setelah pengembangan kode untuk sistem pemantauan baterai dan sistem kamera, tahap selanjutnya adalah merakit rangkaian elektronik dengan pin yang disusun sesuai dengan kode yang telah ditulis.



Gambar 2. Diagram Wiring Kamera

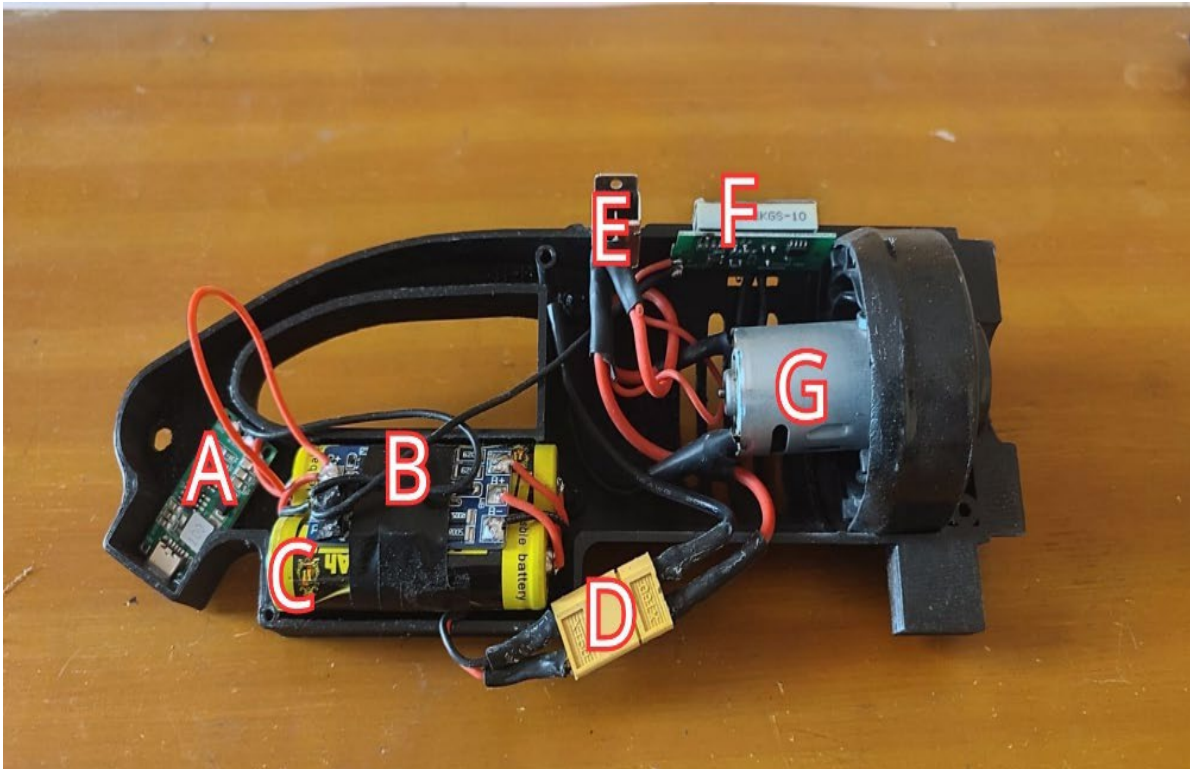
Sirkuit elektronik untuk komponen kamera pada desain SCNER, desain ini menggunakan ESP32CAM digunakan sebagai kamera, sedangkan modul USB TTL berfungsi untuk memprogram ESP32CAM, serta TP5100 yang berfungsi ganda sebagai modul pengisian daya baterai dan BMS 1S untuk pengukuran kapasitas baterai. ESP8266 digunakan untuk memantau status baterai ESP32CAM, yang kemudian dapat dilacak melalui aplikasi ESP8266 digunakan karena ESP32CAM tidak dilengkapi dengan pin ADC untuk membaca data analog dari modul TP5100 saklar digunakan untuk mengatur aliran listrik ke komponen yang memerlukan daya.

Modul kamera memperoleh pasokan energi dari dua baterai Li-ion 18650 yang dirangkai paralel masing-masing baterai menyumbang tegangan 3,7 V dan kapasitas 3000 mAh, sehingga menghasilkan kapasitas gabungan 3,7 V dan 6000 mAh saat disusun paralel. Setelah desain elektronik diselesaikan, rangkaian yang dihasilkan pada Gambar 3, di mana A menunjukkan modul pengisi daya TP5100, B mewakili modul step-up USB, C merepresentasikan ESP8266, D menandai modul indikator baterai, dan E terdiri atas dua baterai 18650 yang dirangkai seri.



Gambar 3. Pemasangan Sistem Kamera

Motor (dinamo) berfungsi sebagai komponen utama penyedot debu ini, yang dirancang untuk menghisap debu dan sarang laba-laba. Dilihat dari gambar 4 penyedot debu ini menggunakan dua baterai lithium-ion 18650 (3,7 V, 3000 mAh) yang dihubungkan secara seri untuk menghasilkan tegangan 7,4.

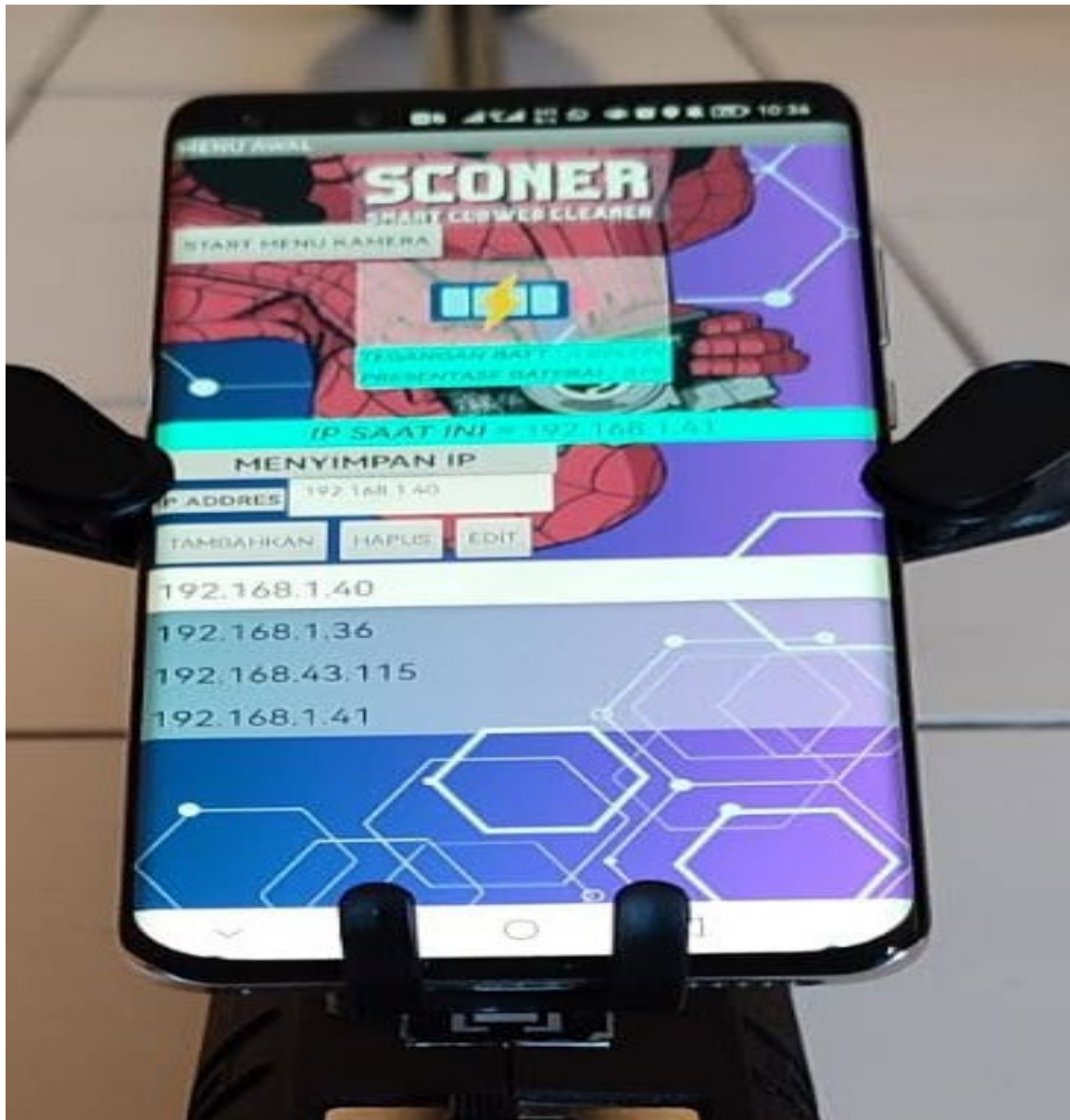


Gambar 4. Penerapan Rangkaian Vacuum

Setelah desain elektronik penyedot debu diselesaikan, rangkaian yang dihasilkan diagram ini, A mewakili modul pengisi daya BMS 2S, B merepresentasikan BMS 2S, C menggambarkan dua baterai 18650 yang dirangkai secara seri, D mengacu pada konektor XT90 untuk menyalurkan daya dari baterai ke vacuum cleaner, E menunjukkan sakelar geser 6-pin yang kuat, F sesuai dengan modul indikator baterai, dan G mengacu pada motor penyedot debu.

3. HASIL

Desain yang akan datang akan dilengkapi dengan layar tampilan yang menyerupai layar ponsel pintar. Dengan menempatkan penyedot debu dan ponsel pintar di bagian dasar dengan asumsi penyedot debu lebih berat daripada tongkat penyedot, sehingga berfungsi sebagai penyangga bagi tongkat tersebut konfigurasi ini memungkinkan penyedot debu dan layar beroperasi secara terpisah saat mencari jaring laba-laba. Pengguna dapat mengaktifkan penyedot debu setelah mendeteksi adanya jaring laba-laba, sehingga menghemat daya baterai dengan mencegah pengoperasian secara simultan dan berkelanjutan. Di samping itu, pemanfaatan android sudah sangat umum, yang berarti setiap orang yang memiliki smartphone dapat mengoperasikan perangkat ini. Lebih lanjut, jika unit layar mengalami kerusakan sehingga memerlukan penggantian LCD dan perakitan ulang unit smartphone yang mengalami kerusakan dapat segera digantikan dengan yang lain tanpa perlu perakitan ulang. Dilihat dari gambar 5 penggunaan smartphone sebagai layar untuk foto yang diambil oleh kamera ESP32 juga mengurangi biaya produksi produk ini.



Gambar 5. Alat Teleskopik Vacuum Leka VC327 Monitoring Andoid

Setelah pekerjaan desain selesai yang mencakup pemrograman, pembuatan rangkaian elektronik, serta desain dan pengembangan aplikasi casing perangkat dibuat menggunakan printer 3D, dengan PLA+ sebagai bahan utamanya. Hasil akhir menampilkan kompartemen vakum di samping dudukan ponsel. Bagian ini secara khusus menampilkan komponen vakum, dudukan ponsel, dan ponsel itu sendiri saat aplikasi SCONER sedang aktif.

3.1 Penilaian Hasil Capaian Indikator

Uji coba kesatu ini berfokus pada evaluasi akurasi pemantauan kapasitas daya baterai pada ESP32Cam dipantau menggunakan modul TP5100. Parameter yang diamati adalah tegangan baterai, yang nantinya akan diubah ke dalam bentuk persentase. Aplikasi ini akan memperlihatkan data hasil pemantauan baterai, di mana tegangan baterai sebenarnya diukur terlebih dahulu memakai multimeter, lalu dibandingkan dengan tegangan yang tertera pada aplikasi. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali hingga didapatkan nilai galat terkecil.

$$\text{Presentase Error} = \frac{\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Pembacaan}}{\text{Nilai Aktual}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \frac{\text{Total Error}}{\text{Banyak Sampel}} \quad (2)$$

Tabel 1. Rekapitulasi Tegangan Baterai

No	Alat Ukur Sensor	Kapasitas Baterai Riil	Nilai Volt Baterai Penuh (<i>Full Voltage</i>)	Bug	Presisi
1	TP5100	4,11	4,66	13,38%	97,49%
2	TP5100	4,09	4,095	0,12%	
3	TP5100	4,08	4,082	0,04%	
4	TP5100	4,02	3,98	0,99%	
5	TP5100	3,85	3,86	0,26%	
6	TP5100	3,84	3,85	0,26%	
Rata-rata error				2,51%	

Presisi pemantauan baterai mencapai 97,49%. Uji coba ini dilakukan enam kali, masing-masing dengan tegangan yang berbeda, sehingga menghasilkan tingkat ketidakakuratan rata-rata sebesar 2,51%. Dilihat dari gambar 6 dengan demikian, hasil uji coba menunjukkan bahwa hasil pemantauan status baterai, dengan akurasi sebesar 97,49%, dianggap memuaskan, karena melampaui angka 90%.

**Gambar 6.** Mengukur Bug Baterai

3.2 Hasil Evaluasi Performa Latency Kamera

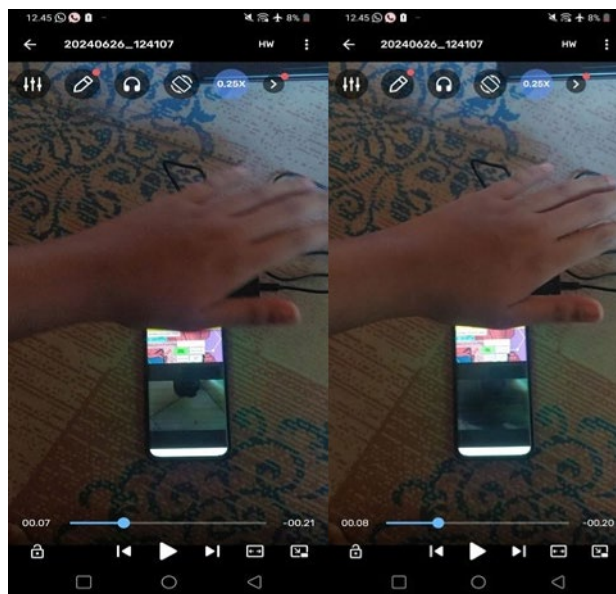
Dalam pengujian kedua ini, kami mengukur latensi kamera ESP32Cam. Tiga metode digunakan untuk mengevaluasi keterlambatan kamera yang pertama, dengan memanipulasi suatu objek tepatnya, meletakkan telapak tangan di atas kamera dan kemudian menggerakkan tangan tersebut. Kedua, dengan memanipulasi tongkat yang terhubung ke kamera dan membandingkan hasil aktual dengan rekaman di aplikasi. Strategi ketiga melibatkan manuver cepat tongkat yang terhubung ke kamera dan membandingkan hasil nyata dengan dokumentasi di aplikasi. Perekaman dilakukan selama pengujian ini, dan rekaman tersebut kemudian diputar ulang dengan kecepatan 0,25x.

Untuk hasil yang lebih komprehensif, silakan lihat gambar 7 pada detik 00.07, telapak tangan terlihat berada di atas kamera seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Pada detik 00.15, posisi perangkat telah berubah. Sementara itu, pada Gambar 8 dan detik 00.02, perangkat bergerak dengan cepat, tetapi aplikasi tidak memperlihatkan perubahan apa pun. Selain itu, tampilan aplikasi secara jelas mencerminkan kondisi aktual pada detik 00.08,

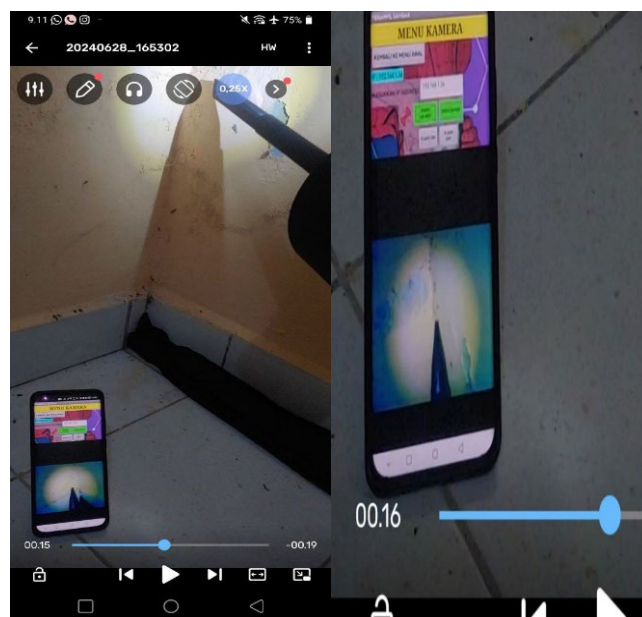
00.16, dan 00.04. Dengan demikian, ditemukan adanya ketidaksesuaian berupa jeda waktu pada tampilan gambar di aplikasi dibandingkan dengan kondisi nyata yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Latensi Jeda Waktu Alat Pemotret

No	Komponen Penyusun	Teknik Uji Coba	Jeda Waktu
1	ESP32 CAM	Objek penerjemahan (mendokumentasikan posisi tangan selama pergerakannya)	0,1 detik
2		Perangkat sedang dalam perjalanan (mencatat status perangkat saat sedang bergerak)	0,1 detik
3		Gadget tersebut segera dipindahkan.	0,2 detik

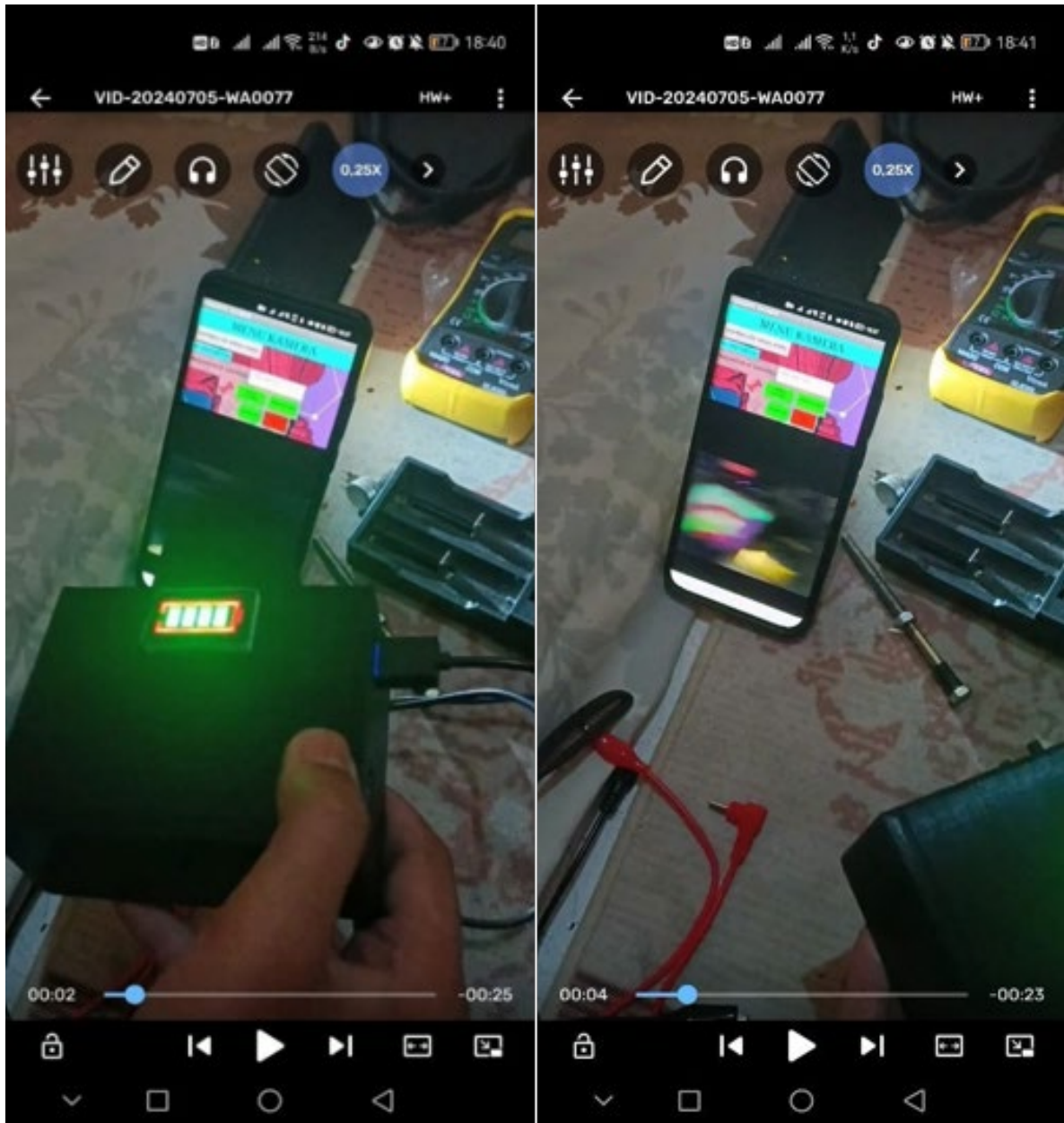


Gambar 7. Kondisi Latensi Kamera Terdeteksi Sistem Aplikasi



Gambar 8. Hasil Menguji Kondisi Latensi kamera

Hasil pengujian informasi dalam tabel 2 di atas menandakan bahwa saat merekam objek yang bergerak atau ketika perangkat digerakkan dengan kecepatan sedang, aplikasi ini mengalami penundaan tampilan sebesar 0,1 detik; sebaliknya, ketika perangkat digerakkan dengan cepat, penundaan tampilan meningkat menjadi 0,2 detik. Dilihat gambar 9 telah ditentukan bahwa dalam kondisi perekaman dengan kamera baik saat merekam subjek yang bergerak maupun saat perangkat itu sendiri sedang bergerak jika baik subjek maupun perangkat tidak digerakkan dengan cepat, penundaan tersebut dapat diabaikan namun, ketika perangkat digerakkan dengan cepat, penundaan pada pembacaan kamera menjadi lebih lama.



Gambar 9. Keputusan aktual Jeda Waktu

Dalam pengujian ketiga ini, kami akan mengevaluasi daya tahan baterai kamera. Kamera diaktifkan dengan menggunakan lampu kilat untuk membersihkan sarang laba-laba hingga baterai habis guna menilai daya tahannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya tahan baterai kamera adalah 3 jam 27 menit, seperti yang terlihat pada gambar 10. Analisis pasca-pengujian mengungkapkan bahwa daya tahan baterai melebihi perkiraan sebelumnya, yang menunjukkan bahwa baterai kamera hanya akan bertahan sekitar 50 menit.



Gambar 10. Kualitas charge baterai kamera

3.3 Hasil Data dan Kapasitas Operasional Baterai Vacuum

Dalam evaluasi keempat kami, kami menguji daya tahan baterai penyedot debu tersebut. Untuk mengevaluasi daya tahan baterai penyedot debu, langkah awal yang dilakukan adalah menyalakan penyedot debu dan stopwatch secara simultan, di mana alat tersebut digunakan untuk mencatat durasi pengoperasian penyedot debu secara terus-menerus. Penyedot debu digunakan untuk membersihkan sarang laba-laba hingga daya isapnya mulai melemah; penurunan daya isap ini menandakan bahwa baterai penyedot debu hampir habis.

Setelah penyedot debu berhenti atau baterainya habis, stopwatch dihentikan untuk memastikan durasi pengoperasian penyedot debu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai penyedot debu habis dalam waktu 39,28 menit, seperti yang digambarkan pada Gambar 11 hasil evaluasi menunjukkan adanya perbedaan dengan perkiraan yang diproyeksikan namun, hasilnya lebih baik daripada perkiraan sebelumnya yang sekitar 30 menit.

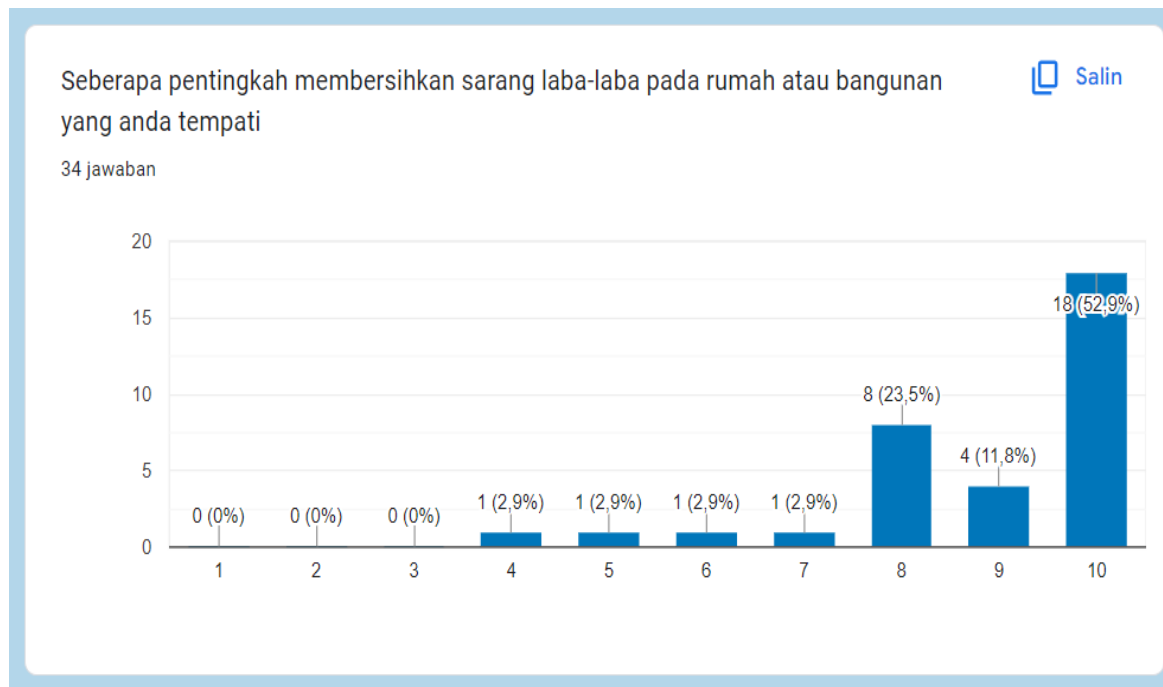


Gambar 11. Daya Tahan Baterai Vacuum

3.4 Pengetahuan Hasil Membersihkan Sarang Laba-Laba

Pengukuran tingkat pengetahuan hasil survei mengenai jaring laba-laba dilaksanakan menggunakan pre-test dan post-test pada 34 para responden. Hasil menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada semua indikator nilai.

Nilai rata-rata peserta meningkat sebesar 2,9%, yakni dari 52,2% pada saat pre-test menjadi 96,6 pada post-test. Nilai terendah peserta mengalami kenaikan drastis dari 20 menjadi 85, sementara nilai tertinggi mencapai skor sempurna (100) dari sebelumnya 80. Berdasarkan kategori, sebanyak 96,6% responden kini memiliki pengetahuan dalam kategori baik.



Gambar 12. Para Responden Membersihkan Jaring Laba-Laba

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian beberapa parameter kinerja sistem berhasil dievaluasi, meliputi akurasi pemantauan baterai kamera, stabilitas koneksi kamera nirkabel, daya hisap vakum, durasi penggunaan baterai, serta waktu pengisian daya kamera dan penyedot debu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring baterai berbasis modul TP5100 dan ESP8266 mampu menampilkan informasi kapasitas baterai secara real-time dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil setelah dilakukan proses kalibrasi menggunakan multimeter. Akurasi pembacaan diperoleh karena adanya penyesuaian faktor kalibrasi pada proses konversi nilai analog ke tegangan dan persentase baterai.

```
float voltage = (((sensorValue * 3.3) / 1024) * 2 + calibration);
// 2.8V as Battery Cut off Voltage & 4.2V as Maximum Voltage
bat_percentage = mapfloat(voltage, 2.8, 4.2, 0, 100);
```

Gambar 13. Kode untuk Program Pengukuran Baterai

Selain itu, penggunaan ESP32-CAM yang terhubung secara nirkabel dengan layar LCD mampu membantu operator menyatukan area langit-langit tanpa harus melihat secara langsung ke atas dalam waktu lama. Hasil ini diperoleh karena sistem monitoring visual bekerja secara real-time sehingga memudahkan identifikasi lokasi jaring laba pada area sempit dan sulit dijangkau. Dari sisi mekanis, tongkat teleskopik dengan panjang yang dapat disesuaikan memberikan titik penggunaan dan meningkatkan jangkauan pembersihan. Pengujian yang tertera pada tabel 1, sistem pemantauan kondisi baterai menunjukkan tingkat akurasi sebesar 97,49%. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali dengan variasi tegangan pada setiap percobaan guna memastikan sistem mampu bekerja secara konsisten dalam berbagai kondisi. Setiap pengujian menghasilkan data yang kemudian dianalisis untuk menghitung tingkat error, dan dari seluruh rangkaian pengujian tersebut diperoleh rata-rata error sebesar 2,51%.

Tingkat akurasi ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan yang dirancang mampu mendeteksi kondisi baterai dengan sangat baik, karena berada jauh di atas batas minimum akurasi yang umumnya dianggap layak, yaitu 90%. Keandalan sistem dalam memantau kondisi baterai sangat penting, terutama untuk mencegah kerusakan akibat penggunaan baterai yang sudah melemah atau dalam kondisi tidak optimal. Dengan akurasi yang tinggi, pengguna dapat memperoleh informasi mengenai status baterai secara real-time dan dapat mengambil tindakan preventif jika terdeteksi adanya penurunan performa.

Selain itu, hasil pengujian yang konsisten pada berbagai tingkat tegangan memperlihatkan bahwa sistem ini memiliki stabilitas yang baik dalam melakukan monitoring. Hal ini membuktikan bahwa metode yang digunakan dalam proses pengukuran dan analisis sudah tepat serta mampu meminimalkan error yang mungkin terjadi akibat variasi kondisi operasional. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan kondisi baterai yang telah diuji memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang sangat baik. Akurasi sebesar 97,49% dan rata-rata error hanya 2,51% membuktikan bahwa perangkat ini layak dijadikan solusi untuk pemantauan baterai dalam berbagai aplikasi, baik untuk keperluan industri, laboratorium, maupun penggunaan sehari-hari. Hasil pengujian yang tercantum pada tabel 2, diperoleh bahwa saat merekam objek bergerak maupun saat alat digerakkan dengan kecepatan normal (tidak terlalu cepat), delay pada tampilan aplikasi tetap konstan, yaitu sebesar 0,1 detik. Namun, ketika dilakukan pengujian dengan menggerakkan alat secara cepat, delay pada tampilan aplikasi meningkat menjadi 0,2 detik.

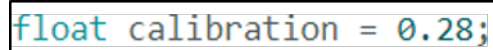
Hasil ini menunjukkan bahwa sistem perekaman kondisi menggunakan kamera memiliki performa yang stabil selama gerakan objek maupun alat masih dalam batas kecepatan normal. Dengan kata lain, laju pergerakan yang tidak terlalu cepat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap besarnya delay yang terjadi pada tampilan aplikasi. Akan tetapi, ketika kecepatan pergerakan alat ditingkatkan, sistem membutuhkan waktu lebih lama untuk memproses dan menampilkan hasil rekaman, sehingga terjadi peningkatan delay menjadi 0,2 detik. Namun, untuk pergerakan alat yang sangat cepat, pengguna perlu memperhatikan adanya penambahan delay, meskipun selisihnya masih dalam batas yang relatif wajar. Sistem tetap dapat diandalkan untuk monitoring kondisi secara real-time, asalkan pergerakan alat tidak melebihi kecepatan yang menyebabkan delay signifikan.

Pengujian daya tahan baterai kamera yang hasilnya ditunjukkan pada gambar 10, diketahui bahwa baterai mampu bertahan selama 3 jam 27 menit. Hasil ini menunjukkan performa yang jauh lebih baik dibandingkan dengan estimasi awal yang diusulkan sebelumnya, di mana diperkirakan baterai hanya dapat bertahan sekitar 50 menit. Perbedaan signifikan antara hasil pengujian dan estimasi awal ini menunjukkan bahwa konsumsi daya kamera lebih efisien dari perkiraan, sehingga memberikan waktu operasi yang lebih panjang tanpa perlu pengisian ulang. Hal ini menjadi nilai tambah tersendiri bagi sistem, karena memungkinkan penggunaan kamera dalam rentang waktu yang lebih lama dan meningkatkan keandalan alat dalam melakukan pemantauan secara kontinu. Dengan demikian, hasil pengujian ini membuktikan bahwa daya tahan baterai kamera sangat mencukupi untuk mendukung kebutuhan pemantauan dalam berbagai skenario penggunaan, bahkan melampaui ekspektasi awal yang telah ditetapkan.

Pada pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa baterai pada vacuum habis pada menit ke-39,28, seperti ditunjukkan pada gambar 11. Berdasarkan hasil pengujian ini, diketahui bahwa daya tahan baterai vacuum tidak sepenuhnya sesuai dengan estimasi awal,

namun justru menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan perkiraan sebelumnya, yaitu sekitar 30 menit. Dengan demikian, hasil pengujian membuktikan bahwa vacuum mampu beroperasi lebih lama dari yang diusulkan, memberikan manfaat tambahan dalam hal efisiensi dan durasi kerja perangkat. Waktu operasional yang lebih panjang ini menjadi keunggulan tersendiri, karena memungkinkan vacuum menyelesaikan tugas pembersihan secara lebih optimal tanpa perlu pengisian ulang baterai dalam waktu singkat. Secara keseluruhan, daya tahan baterai vacuum ini telah melampaui ekspektasi awal yang telah ditetapkan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa integrasi sistem IoT dan monitoring visual dapat meningkatkan efektivitas perangkat pembersih otomatis. Namun, penelitian ini memiliki keunggulan pada integrasi pemantauan baterai real-time berbasis Firebase serta penggunaan desain teleskopik yang lebih fleksibel dibandingkan penelitian pendahuluan yang umumnya masih menggunakan sistem pembersihan manual tanpa monitoring visual dan pemantauan daya baterai secara langsung. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya meningkatkan efektivitas pembersihan, tetapi juga memberikan kemudahan operasional dan efisiensi penggunaan perangkat.



```
float calibration = 0.28;
```

Gambar 14. Kode Program untuk Parameter Kalibrasi Baterai

Pengukuran keterlambatan kamera parameter kedua yang diuji pada perangkat ini adalah latensi tampilan dalam situasi praktis dengan menggunakan aplikasi khusus. Prosedur untuk mengukur latensi kamera adalah sebagai berikut.

1. Aktifkan ESP32Cam, lalu hubungkan ke jaringan Wi-Fi yang kompatibel.
2. Selanjutnya, jalankan program “SCONER” dan masukkan alamat IP yang diperoleh akan menyalakan kamera dalam teknologi.
3. Setelah kamera diaktifkan, lakukan pengujian melalui perekaman menggunakan perangkat seluler.
4. Ponsel digunakan untuk mendokumentasikan kondisi aktual dan kondisi yang ditampilkan dalam program.
5. Selanjutnya, atur perekaman uji coba ke kecepatan lambat 0,25x untuk menonjolkan perbedaan antara kondisi aktual dan yang terekam dalam program.

Penilaian terhadap indikator daya tahan baterai kamera terakhir yang dievaluasi oleh perangkat ini adalah durasi penggunaan kamera. Prosedur untuk mengevaluasi daya tahan baterai kamera adalah

1. Menyalakan kamera dan tekan tombol timer secara bersamaan. timer akan mencatat durasi pengoperasian kamera secara terus-menerus.
2. Gunakan kamera untuk membantu proses pembersihan jaring laba-laba yang kotor.
3. Jika area tersebut bersih dan baterai kamera masih berfungsi, biarkan kamera tetap menyala hingga berhenti berfungsi (baik karena tidak dapat merekam atau macet).
4. Saat kamera mati atau baterai habis, hentikan stopwatch untuk menentukan durasi fungsi kamera.

Evaluasi daya tahan baterai pada penyedot debu, parameter keempat yang dievaluasi oleh peralatan ini adalah durasi operasi penyedot debu. Prosedur untuk menilai daya tahan baterai penyedot debu adalah

1. Menyalakan penyedot debu dan mulailah timer yang berjalan bersamaan. Timer tersebut mencatat durasi operasi terus-menerus penyedot debu.
2. Gunakan penyedot debu untuk menghilangkan jaring laba-laba dan kotoran.
3. Jika area sudah bersih serta baterai penyedot debu masih berfungsi, lanjutkan penggunaan penyedot debu terus-menerus sampai daya hisap tidak lagi timbul.
4. Apabila daya hisap tidak lagi timbul, hal ini menandakan bahwa baterai penyedot debu hampir habis.
5. Setelah penyedot debu dimatikan atau baterai habis, hentikan stopwatch untuk menentukan durasi operasi penyedot debu.

Pengukuran daya hisap vakum pada parameter kelima yang diuji oleh peralatan ini adalah efek jangka panjang selang tentang kapasitas hisap vakum pada protokol pengukuran dengan pasang selang ke alat vakum, sesuaikan panjang selang sesuai opsi pengujian: 1 m, 2 m, dan akhirnya 3 m, pertama-tama, atur panjang selang menjadi 1 meter, nyalakan penyedot debu, bersihkan area di sekitar jaring laba-laba selanjutnya, periksa kebersihannya. Mendapatkan hasil sambil mengubah panjang tongkat dengan pengukuran durasi pengisian daya penyedot debu dan kamera pada parameter kelima yang diukur oleh perangkat ini adalah durasi pengisian daya untuk penyedot debu dan kamera. protokol pengukuran adalah sebagai berikut Pertama-tama, kosongkan baterai penyedot debu dan kamera selanjutnya, sambungkan kabel data dari adaptor pengisi daya ke penyedot debu dan secara bersamaan, nyalakan stopwatch dan setelah baterai terisi penuh, lepaskan kabel pengisi daya dan hentikan kronometer untuk mengetahui durasi pengisian daya.

5. KESIMPULAN

Perangkat SCNER awalnya dirancang sebagai alat bantu bagi pengurus rumah keluarga, jasa kebersihan untuk membersihkan sarang laba-laba dan debu dari dinding serta langit-langit yang sulit dijangkau. Perangkat ini tidak hanya membersihkan sarang laba-laba dengan debu, tetapi juga dilengkapi dengan berbagai fitur seperti kamera dengan layar, tiang yang ketinggiannya dapat disesuaikan, serta aplikasi yang memantau daya tampung baterai dan memperlihatkan gambar oleh kamera. Capaian desain menunjukkan bahwa spesifikasi perangkat sesuai dengan ide-ide yang telah ditentukan sebelumnya, khususnya bahwa perangkat ini dilengkapi dengan kamera tampilan, tiang yang ketinggiannya dapat disesuaikan, dan aplikasi untuk memeriksa kapasitas baterai serta menunjukan foto hasil dokumentasi. Selanjutnya, target skema telah tercapai, yaitu membantu pengguna dalam membersihkan sarang laba-laba dan debu. Desain perangkat ini sangat membantu dalam sanitasi tempat laba-laba, karena berhasil menghilangkan sarang laba-laba yang menempel di dinding.

REFERENSI

- [1] A. L. I. Tufail, L. C. D. E. Silva, and S. Member, "A Systematic Literature Review on Plant Disease Detection : Motivations , Classification Techniques , Datasets , Challenges, and Future Trends," *IEEE Access*, vol. 11, no. May, pp. 59174–59203, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3284760.
- [2] A. P. Junior, L. E. Díez, and O. S. Eyobu, "Remote Pedestrian Localization Systems for Resource-Constrained Environments : A Systematic Review," no. March, pp. 36865–36889, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3266957.
- [3] B. Ahmed and L. U. Peng, "Smart Agriculture : Current State, Opportunities, and

- Challenges,” *IEEE Access*, vol. 12, no. August, pp. 144456–144478, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3471647.
- [4] H. Hamuda, “Implementasi Simulasi Smart Antenna WiMAX 802 . 16D / E Berbasis Algoritma FIFO,” vol. 9, no. 1, 2026.
- [5] H. Hamuda and A. Setiawan, “Integrasi Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis ESP32-CAM dan Sensor PIR dengan Notifikasi Real-Time melalui WhatsApp Bot,” *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 204–218, 2025.
- [6] H. Hamuda, “Komputika : Jurnal Sistem Komputer Rancang Bangun Sistem Monitoring Stok Miniatur Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Load Cell Design of an IoT-based Miniature Stock Monitoring System Using Ultrasonic Sensors and Load Cells,” vol. 14, no. April, pp. 11–19, 2025, doi: 10.34010/n2yvsh27.
- [7] H. Hamuda and A. Setiawan, “Medicine Delivery Robot Using Arduino Based on Android Control,” 2026.
- [8] H. I. Peyal and A. B. U. H. Pramanik, “Plant Disease Classifier : Detection of Dual-Crop Diseases Using Lightweight 2D CNN Architecture,” no. October, pp. 110627–110643, 2023.
- [9] J. Chen, C. Wang, J. Chen, and B. Yin, “Manipulator Control System Based on Flexible Sensor Technology,” 2023.
- [10] K. Y. Sánchez-mojica, L. A. Pérez-domínguez, J. G. Londoño, D. Orlando, and C. Sarmiento, “applied sciences A Data Analytic Monitoring with IoT System of the Reproductive Conditions of the Red Worm as a Product Diversification Strategy,” 2023.
- [11] M. Shtayat *et al.*, “Algorithm for Intrusion Detection for Industrial,” *IEEE Open J. Commun. Soc.*, vol. 6, no. April, pp. 2926–2944, 2025, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3421647.
- [12] P. Institusi and B. B. Bangi, “Exploring different imaging techniques for non-invasive monitoring of insect population : A review article,” vol. 20, no. 5, pp. 1979–2014, 2024.
- [13] S. Bansal and P. Kaur, “A Review on Microstrip Patch Antenna Sensors : Agriculture , Environment , Health Care and IoT Applications 1 Introduction,” vol. 23, pp. 149–169, 2024, doi: 10.37394/23204.2024.23.20.
- [14] S. Bhattacharjee and A. Paul, “Monitoring Home Security by Developing an IoT-Based Smart Home Automation System Controlled by Android App and Web,” no. August, 2025.
- [15] S. Chen, X. Xi, R. Liu, and X. Guo, “Distributed Body Sensor Network System Based on Stretchable Conductive Wires and Wearable Sensors for Motion Detection,” pp. 1–21, 2022.
- [16] S. Pavalarajan, “Spider Web Based Dynamic Key for Secured Transmission and Data Aware Blockchain Encryption for Internet of Things,” pp. 1–28, 2022.
- [17] S. Wang, P. Qi, W. Zhang, and X. He, “Development and Application of an Intelligent Plant Protection,” 2022.
- [18] S. Samanth, K. V. Prema, and M. Balachandra, “Security in Internet of Drones : A Comprehensive Review COMPUTER SCIENCE | REVIEW ARTICLE Security in Internet of Drones : A Comprehensive Review,” *Cogent Eng.*, vol. 9, no. 1, 2022, doi: 10.1080/23311916.2022.2029080.
- [19] Y. Kondratenko, O. Gerasin, and O. Kozlov, “Inspection Mobile Robot’ s Control System with Remote IoT-based Data Transmission,” vol. 17, pp. 499–526, 2021, doi: 10.13052/jmm1550-4646.1742.