



SUBMIT

(Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains)

Vol.6 No.1(2026) 1 - 8

ISSN Media Elektronik: 2798-6861

PROTOTYPE SISTEM RADAR OTOMATIS PENDETEKSI OBJEK BERBASIS INTERNET OF THINGS

Ahmad Roihan^{*1}, Martono², Tariq Rayhan Adnan², Erik Mahendra Badar⁴

^{1,3,4}Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Raharja

²Program Studi Manajemen Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Raharja

Email: ¹ahmad.roihan@raharja.info, ²martono@raharja.info, ³tariq@raharja.info, ⁴erik.mahendra@raharja.info

(Naskah masuk: 12 Mei 2026, diterima untuk diterbitkan: 21 Mei 2026)

Abstrak

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) mendorong lahirnya berbagai sistem otomatis yang mampu melakukan pemantauan lingkungan secara *real-time*, salah satunya adalah sistem radar berbasis sensor ultrasonik. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan *prototype* sistem radar otomatis pendeteksi objek berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo SG90, dan indikator LED. Sistem dirancang untuk mendeteksi objek pada rentang jarak tertentu, melakukan pemindaian area secara otomatis, serta menampilkan hasil deteksi dalam bentuk radar digital berbasis web melalui jaringan internet. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen rekayasa prototipe dengan tahapan perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, implementasi sistem, dan pengujian performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi objek pada rentang 2-400 cm dengan rata-rata deviasi pengukuran di bawah 2 cm. Servo SG90 berhasil melakukan pemindaian sudut 0°-180° secara stabil, sedangkan LED indikator mampu memberikan peringatan visual ketika objek berada pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm. Antarmuka radar digital berbasis HTML dan JavaScript dapat menampilkan posisi objek secara *real-time* dengan respons yang cepat dan stabil. Berdasarkan hasil pengujian, sistem radar berbasis ESP32 ini memiliki performa yang baik, responsif, dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi keamanan, monitoring area, dan sistem robotika berbasis IoT.

Kata kunci: *Internet of Things; ESP32; sensor ultrasonik; radar digital; HC-SR04; sistem monitoring.*

PROTOTYPE OF AN INTERNET OF THINGS-BASED AUTOMATIC OBJECT DETECTION RADAR SYSTEM

Abstract

The development of the Internet of Things (IoT) has encouraged the emergence of automated systems capable of performing real-time environmental monitoring, one of which is an ultrasonic sensor-based radar system. This study aims to design and implement an IoT-based automatic object detection radar prototype using an ESP32 microcontroller, HC-SR04 ultrasonic sensor, SG90 servo motor, and LED indicators. The system is designed to detect objects within a certain range, perform automatic area scanning, and display detection results through a web-based digital radar interface over internet. The research method employed was a prototype engineering experiment consisting of hardware design, software development, system implementation, and performance testing. The results indicate that the system successfully detected objects within a range of 2-400 cm with an average measurement deviation below 2 cm. The SG90 servo motor performed stable scanning movements from 0° to 180°, while the LED indicator provided visual warnings when objects were detected within a distance of 30 cm or less. The HTML and JavaScript-based radar interface was capable of displaying object positions in real-time with fast and stable responses. Based on the experimental results, the ESP32-based radar system

demonstrated good performance, responsiveness, and strong potential for further development in security systems, area monitoring, and IoT-based robotics applications.

Keywords: *Internet of Things; ESP32; ultrasonic sensor; digital radar, HC-SR04; monitoring system.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong kemajuan signifikan dalam bidang otomasi, sistem keamanan, dan pengendalian berbasis sensor. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga proses monitoring dan pengendalian dapat dilakukan secara *real-time* dan efisien (Roihan et al., 2019). Salah satu implementasi teknologi tersebut adalah sistem radar ultrasonik yang mampu mendeteksi keberadaan objek pada jarak tertentu dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Sensor ultrasonik saat ini banyak digunakan pada berbagai aplikasi seperti sistem keamanan, robotika, kendaraan otomatis, dan *Advanced Driver Assistance System* (ADAS) karena memiliki biaya implementasi yang relatif rendah serta kemampuan deteksi jarak yang cukup baik (Liu, 2024; Wei, 2024).

Dibandingkan teknologi berbasis kamera maupun inframerah, sensor ultrasonik memiliki keunggulan karena bekerja menggunakan gelombang suara berfrekuensi tinggi sehingga performanya tidak dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan lingkungan. Karakteristik tersebut menjadikan sensor ultrasonik sesuai digunakan pada area dengan intensitas cahaya rendah maupun lingkungan berdebu (Vukonić dan Tomić, 2022). Prinsip kerja sensor ultrasonik didasarkan pada metode *time of flight*, yaitu pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik sejak dipancarkan hingga diterima kembali setelah dipantulkan oleh objek. Berdasarkan metode tersebut, sensor mampu menghitung jarak objek dengan tingkat presisi yang cukup baik. Namun demikian, performa sensor masih dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal seperti suhu udara, bentuk objek, dan karakteristik permukaan pantulan sehingga diperlukan pengembangan sistem yang mampu meminimalkan kesalahan pengukuran agar hasil deteksi tetap stabil dan akurat (Zhang et al., 2022).

Dalam pengembangan sistem radar modern berbasis IoT, mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu perangkat yang banyak digunakan karena memiliki kemampuan pemrosesan data dan komunikasi nirkabel yang baik. ESP32 dilengkapi prosesor dual-core, dukungan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, kapasitas memori yang lebih besar, serta konsumsi daya yang relatif rendah sehingga sesuai diterapkan pada sistem tertanam (*embedded system*) berbasis IoT (Kareem dan Dunaev, 2021). Dibandingkan mikrokontroler Arduino Uno yang memerlukan modul tambahan untuk koneksi internet, ESP32 mampu melakukan proses akuisisi data sensor dan komunikasi jaringan secara bersamaan dengan

performa yang lebih stabil dan efisien. Selain itu, ESP32 memiliki fleksibilitas implementasi dan biaya pengembangan yang relatif terjangkau sehingga sangat relevan digunakan pada pengembangan perangkat monitoring *real-time* berbasis internet (Pradeep, 2023).

Penelitian mengenai sistem radar berbasis sensor ultrasonik telah banyak dilakukan sebelumnya. Raihan (2025) mengembangkan sistem radar pendeteksi objek berbasis Arduino Uno yang mampu melakukan deteksi objek menggunakan sensor ultrasonik, namun sistem tersebut masih bersifat lokal dan belum mendukung monitoring berbasis IoT secara *real-time*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Mavia et al. (2022) mengembangkan sistem pendeteksi posisi kendaraan kecil pada *dump truck* tambang menggunakan radar ultrasonik dan modul radio frekuensi 433 MHz, tetapi sistem belum dilengkapi visualisasi radar digital berbasis web. Zhang et al. (2022) juga mengembangkan radar indoor berbasis ultrasonik dengan fokus pada peningkatan akurasi pengukuran jarak, namun penelitian tersebut belum mengintegrasikan sistem komunikasi IoT dan notifikasi visual secara langsung kepada pengguna. Sementara itu, Chauhan et al. (2023) mengembangkan *surveillance robot* dengan sistem deteksi objek, tetapi implementasi visualisasi radar interaktif berbasis web masih terbatas.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, masih terdapat beberapa keterbatasan pada aspek monitoring *real-time* berbasis web, visualisasi radar digital interaktif, serta sistem notifikasi visual yang responsif. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan prototype sistem radar otomatis pendeteksi objek berbasis Internet of Things menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan proses pemindaian otomatis menggunakan motor servo SG90, indikator visual berbasis LED, serta antarmuka radar digital berbasis HTML dan JavaScript yang dapat diakses melalui jaringan internet secara *real-time*.

Nilai keterbaruan penelitian ini terletak pada integrasi sistem radar ultrasonik berbasis ESP32 dengan visualisasi radar digital berbasis web secara *real-time* serta penambahan indikator visual LED berdasarkan kategori jarak objek. Selain itu, sistem dirancang menggunakan komunikasi IoT sehingga monitoring dapat dilakukan secara lebih fleksibel dibandingkan radar ultrasonik konvensional berbasis lokal. Fokus penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian performa sensor terhadap variasi jarak objek, analisis respons sistem dalam mendeteksi perubahan jarak,

serta implementasi monitoring radar digital berbasis web. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem radar cerdas berbasis IoT yang lebih efektif, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan otomasi modern.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen rekayasa prototipe (*prototype engineering experiment*) yang bertujuan untuk merancang, membangun, mengimplementasikan, serta mengevaluasi kinerja sistem radar otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode ini dipilih karena memungkinkan proses pengembangan sistem dilakukan secara bertahap mulai dari perancangan perangkat, integrasi komponen, hingga pengujian performa sistem secara menyeluruh. Pendekatan eksperimen rekayasa juga memberikan fleksibilitas dalam melakukan pengembangan dan optimasi terhadap perangkat keras maupun perangkat lunak agar sistem yang dihasilkan mampu bekerja sesuai kebutuhan penelitian. Sistem radar yang dikembangkan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai komponen utama pendeteksi objek, motor servo SG90 sebagai aktuator pemindaian sudut, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali dan pengolah data, serta LED indikator sebagai media notifikasi visual terhadap kondisi jarak objek tertentu. Selain itu, sistem dilengkapi antarmuka radar digital berbasis web interaktif yang memungkinkan hasil pemantauan ditampilkan secara *real-time* melalui jaringan internet sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring area secara jarak jauh.

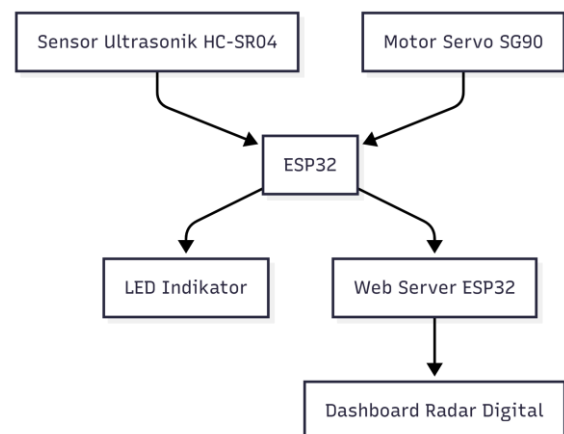
Tahapan penelitian diawali dengan proses perancangan perangkat keras (*hardware design*) yang meliputi integrasi sensor HC-SR04, motor servo SG90, modul ESP32, LED indikator, breadboard, serta kabel jumper sebagai media penghubung antarkomponen. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk melakukan pengukuran jarak objek berdasarkan prinsip *time of flight*, yaitu menghitung waktu tempuh gelombang ultrasonik sejak dipancarkan hingga diterima kembali setelah dipantulkan oleh objek. Data waktu tempuh tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai jarak menggunakan perhitungan kecepatan rambat gelombang suara di udara. Motor servo SG90 berfungsi menggerakkan sensor ultrasonik secara otomatis pada rentang sudut 0° hingga 180° sehingga sistem mampu melakukan pemindaian area secara menyeluruh dan berulang.

Pada sistem yang dikembangkan, mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat pengendali utama yang bertugas melakukan akuisisi data sensor, pengolahan data hasil pengukuran, pengendalian motor servo, serta pengaktifan LED indikator berdasarkan kategori jarak objek yang terdeteksi. ESP32 juga digunakan untuk menjalankan layanan web server lokal yang berfungsi

menampilkan antarmuka radar digital berbasis HTML, CSS, dan JavaScript secara *real-time* melalui jaringan Wi-Fi. Selain itu, ESP32 mendukung proses komunikasi data berbasis IoT sehingga informasi hasil deteksi dapat dikirim dan dipantau melalui perangkat lain yang terhubung pada jaringan internet. Integrasi antara sensor ultrasonik, aktuator servo, dan antarmuka web memungkinkan sistem radar bekerja secara otomatis, responsif, dan mampu memberikan visualisasi posisi objek secara interaktif kepada pengguna.

2.1. Perancangan Sistem

Secara umum, sistem dirancang dalam tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Sensor HC-SR04 bertindak sebagai perangkat input untuk mendeteksi jarak objek. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan posisi objek berdasarkan sudut servo dan nilai jarak yang diperoleh. Hasil pemrosesan ditampilkan pada antarmuka web dalam bentuk radar digital, serta diteruskan ke LED sebagai indikator visual ketika objek berada pada jarak tertentu.

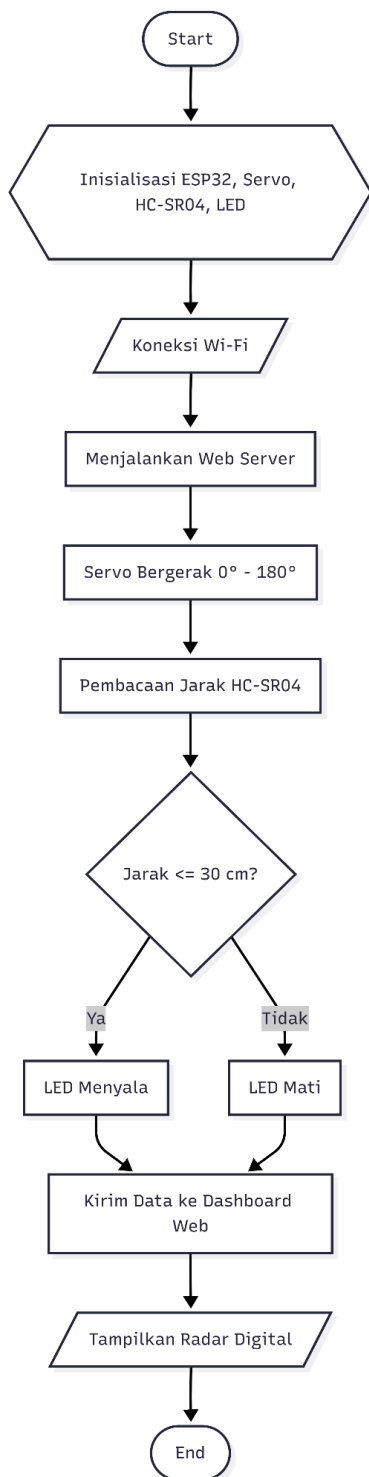


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 1, sensor HC-SR04 mengirimkan data jarak ke ESP32 melalui pin digital. Selanjutnya, ESP32 mengolah data tersebut dan mengoordinasikan pergerakan servo untuk proses pemindaian sudut. Informasi jarak dan sudut dikirimkan secara *real-time* ke halaman web melalui server lokal yang berjalan pada ESP32.

2.2. Perancangan Alur Sistem

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program dirancang agar mampu menjalankan pembacaan sensor, pengendalian servo, pengaturan LED, dan komunikasi data web secara terintegrasi. Servo bergerak secara otomatis mengikuti pola penyapuan sudut, sedangkan sensor ultrasonik melakukan pembacaan jarak pada setiap perubahan posisi servo.

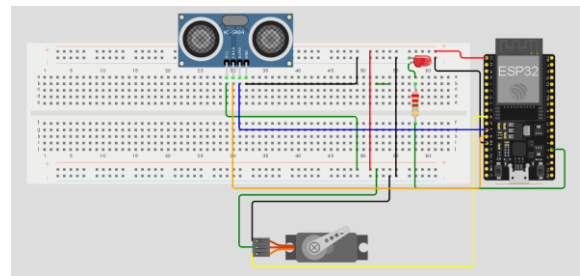


Gambar 2. Flowchart Sistem Radar IoT

Flowchart pada Gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem dimulai dari proses inisialisasi perangkat hingga pengiriman data radar ke halaman web. Sistem bekerja secara berulang (*looping*) untuk memastikan proses pemantauan objek berjalan secara *real-time*.

2.3. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen pada breadboard menggunakan kabel jumper. Sensor HC-SR04 memperoleh suplai daya dari pin 3.3V ESP32 dan terhubung ke pin trigger serta echo untuk proses pembacaan sinyal ultrasonik. Servo SG90 dihubungkan pada pin PWM agar dapat bergerak sesuai sudut yang diprogram. LED indikator dihubungkan ke pin digital sebagai media peringatan visual.



Gambar 3. Skema Prototipe Radar

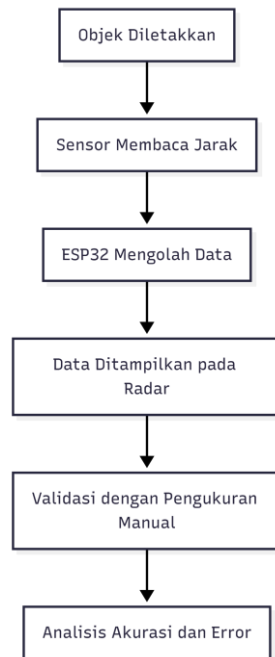
Pada implementasinya, servo bergerak secara kontinu dari sudut 0° hingga 180° dan kembali ke posisi awal. Setiap perubahan sudut diikuti pembacaan jarak objek menggunakan sensor ultrasonik. Data sudut dan jarak tersebut kemudian dikirimkan ke halaman web untuk divisualisasikan dalam bentuk radar digital interaktif.

2.4. Implementasi Perangkat Lunak

Program sistem dibangun menggunakan beberapa pustaka utama, yaitu WiFi.h, ESP32Servo.h, dan WebServer.h. ESP32 menjalankan server lokal yang memungkinkan pengguna mengakses tampilan radar melalui browser tanpa memerlukan koneksi internet eksternal. Logika program digunakan untuk membaca jarak objek, menentukan kondisi LED berdasarkan batas deteksi, menggerakkan servo, serta memperbarui komunikasi data dengan antarmuka web.

2.5. Metode Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menempatkan objek pada berbagai jarak dan sudut untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor, stabilitas pergerakan servo, serta respons *dashboard* radar digital. Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur manual untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran.



Gambar 4. Diagram Proses Pengujian

Selain pengujian akurasi, dilakukan pula stress test dengan mengoperasikan sistem selama lebih dari 30 menit secara kontinu untuk mengamati stabilitas koneksi Wi-Fi, respons antarmuka web, dan suhu operasi ESP32. Pengujian ini bertujuan memastikan sistem mampu bekerja secara stabil dalam penggunaan jangka panjang.

2.6. Analisis Sistem

Analisis sistem dilakukan terhadap beberapa parameter utama, seperti akurasi pembacaan sensor HC-SR04, stabilitas pergerakan servo saat proses pemindaian, kecepatan pembaruan radar digital pada halaman web, ketepatan indikator LED terhadap batas deteksi, stabilitas koneksi Wi-Fi dan server ESP32, serta efisiensi penggunaan memori dan sumber daya mikrokontroler. Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan perhitungan persentase kesalahan (*error percentage*) dan deviasi standar untuk mengetahui tingkat presisi sistem radar yang dikembangkan.

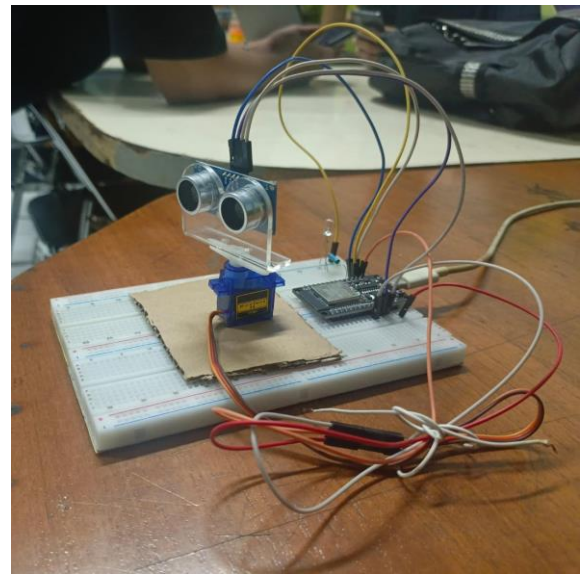
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem radar berbasis ESP32 berhasil bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Sistem mampu mendeteksi keberadaan objek pada rentang jarak 2–400 cm secara kontinu menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan oleh ESP32 menuju antarmuka web melalui jaringan internet dan divisualisasikan dalam bentuk radar digital secara *real-time*. Tampilan radar menggunakan elemen canvas berbasis HTML dan JavaScript yang menampilkan informasi sudut pemindaian serta posisi objek dalam bentuk grafik setengah lingkaran. Hasil ini menunjukkan bahwa

ESP32 mampu menjalankan fungsi ganda sebagai pengendali perangkat keras sekaligus server lokal atau pengirim data ke server *cloud* untuk pengelolaan antarmuka pengguna.

3.1. Hasil Implementasi Prototype

Implementasi perangkat keras berhasil mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04, servo SG90, LED indikator, dan ESP32 dalam satu sistem radar otomatis berbasis IoT. Sistem mampu melakukan proses pemindaian area melalui pergerakan servo secara berulang dari sudut 0° hingga 180° .



Gambar 5. Desain Prototype Radar Pendeteksi Objek Berbasis ESP32

Pada proses implementasi, sensor ultrasonik melakukan pembacaan jarak secara kontinu dan mengirimkan data ke ESP32. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan posisi objek berdasarkan sudut servo. Informasi hasil pemindaian ditampilkan pada *dashboard* radar digital secara langsung.

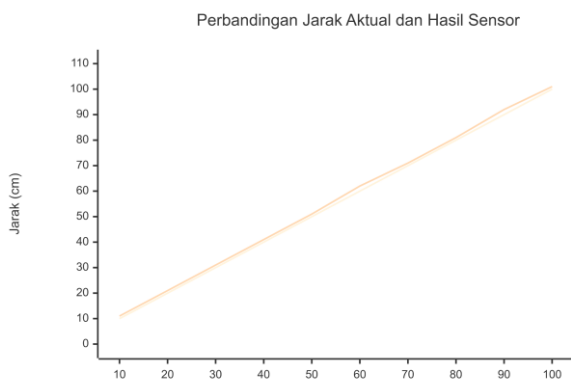
3.2. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor HC-SR04 terhadap pengukuran manual menggunakan penggaris. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi jarak mulai dari 10 cm hingga 100 cm.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor HC-SR04

Jarak Aktual (cm)	Hasil Sensor (cm)	Deviasi (cm)
10	11	1
20	21	1
30	31	1
40	41	1
50	51	1
60	62	2
70	71	1
80	81	1
90	92	2
100	101	1

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, rata-rata deviasi pengukuran berada di bawah 2 cm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk implementasi radar sederhana berbasis IoT. Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa permukaan objek memengaruhi kualitas pembacaan sensor. Objek dengan permukaan keras dan reflektif menghasilkan pembacaan yang lebih stabil dibandingkan permukaan lunak yang menyerap gelombang ultrasonik, seperti kain dan busa.



Gambar 6. Grafik Akurasi Pembacaan Sensor

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor memiliki pola yang hampir linear terhadap jarak aktual. Hal ini menandakan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran dengan tingkat konsistensi yang baik.

Hasil pengujian menunjukkan sensor HC-SR04 mampu mendeteksi objek dengan rata-rata deviasi di bawah 2 cm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode *time of flight* pada sensor ultrasonik bekerja cukup stabil pada rentang pengujian 2-400 cm. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Zhang et al., 2022) yang menyatakan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat akurasi tinggi pada kondisi pantulan objek yang stabil.

3.3. Pengujian LED Indikator

LED indikator diuji untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memberikan peringatan visual ketika objek berada dalam radius bahaya. Sistem dikonfigurasi agar LED menyala otomatis ketika objek berada pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm.

Tabel 2. Hasil Pengujian LED

Jarak Objek	Status LED
10 cm	Menyala
20 cm	Menyala
30 cm	Menyala
40 cm	Mati
50 cm	Mati

Hasil pengujian menunjukkan bahwa LED bekerja sesuai logika program yang dirancang.

Respons LED tetap stabil meskipun servo bergerak secara kontinu pada berbagai sudut pemindaian. Implementasi indikator visual ini dinilai efektif untuk mendukung sistem peringatan dini pada aplikasi keamanan dan pemantauan area terbatas.

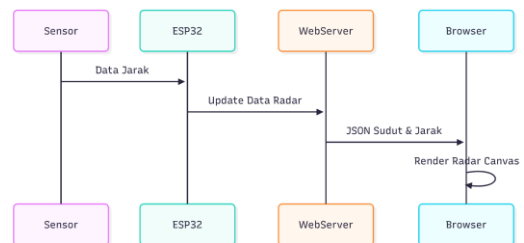
3.4. Pengujian Servo Motor

Servo SG90 diuji untuk mengevaluasi stabilitas dan kelancaran pergerakan selama proses pemindaian radar berlangsung. Servo bergerak secara bertahap dengan interval waktu 20 milidetik hingga membentuk pola pemindaian penuh.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa servo mampu bergerak secara halus tanpa gangguan selama proses pemindaian. Satu siklus penuh rotasi 0° hingga 180° dan kembali ke posisi awal membutuhkan waktu sekitar 7-8 detik. Sinkronisasi antara pembacaan sensor dan pergerakan servo menghasilkan sistem radar yang mampu memindai area secara menyeluruh dan responsif.

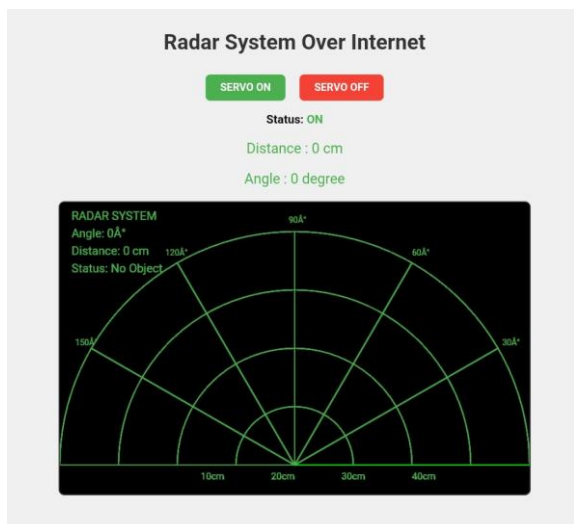
3.5. Pengujian Antarmuka Web dan Server ESP32

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas server web lokal yang dijalankan oleh ESP32 serta pengiriman data ke server *cloud*. Sistem diuji dengan melakukan pembaruan data radar secara berkala setiap 100 milidetik.



Gambar 7. Arsitektur Komunikasi Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu menangani permintaan data secara kontinu tanpa mengalami gangguan koneksi maupun penurunan performa.



Gambar 8. Tampilan Halaman Web Radar

Halaman web dapat diakses dalam waktu kurang dari 3 detik dan proses pemuatan ulang tampilan berlangsung secara cepat. Visualisasi radar yang dihasilkan juga mudah dipahami karena menampilkan lingkaran konsentris sebagai representasi jarak dan garis sapuan yang mengikuti pergerakan servo.

Selain itu, fitur kontrol servo melalui antarmuka web berhasil diimplementasikan dengan baik. Pengguna dapat mengaktifkan maupun menghentikan pergerakan servo melalui tombol SERVO ON dan SERVO OFF. Perubahan status ditampilkan secara langsung pada halaman web sehingga meningkatkan fleksibilitas penggunaan sistem.

3.6. Analisis Ketahanan Sistem

Pengujian ketahanan dilakukan dengan menjalankan sistem secara terus-menerus selama lebih dari delapan jam. Selama pengujian berlangsung, tidak ditemukan gangguan signifikan pada koneksi Wi-Fi, kestabilan server, maupun suhu operasi ESP32. Monitoring penggunaan memori menunjukkan bahwa kapasitas ESP32 masih mencukupi untuk pengembangan fitur tambahan di masa mendatang.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara sensor HC-SR04, servo SG90, LED indikator, dan ESP32 mampu membentuk sistem radar IoT yang stabil, responsif, dan mudah dikembangkan lebih lanjut. Sistem ini berpotensi diterapkan pada berbagai bidang seperti keamanan rumah, pemantauan area industri, maupun robotika berbasis sensor.

Sistem radar yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya performa sensor yang dapat dipengaruhi oleh bentuk dan material objek, keterbatasan sudut pembacaan pada area tertentu, serta ketergantungan terhadap kestabilan jaringan Wi-Fi untuk monitoring *real-time*. Selain itu, sistem masih menggunakan sensor

ultrasonik tunggal sehingga cakupan deteksi belum optimal untuk area yang lebih luas.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem radar otomatis berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sistem mampu mendeteksi keberadaan objek secara *real-time* melalui mekanisme pemindaian menggunakan motor servo SG90 pada rentang sudut 0° hingga 180° . ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengatur pembacaan sensor, pengendalian servo, indikator LED, serta komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu melakukan pembacaan jarak objek pada kisaran 2–400 cm dengan tingkat akurasi yang baik. Rata-rata deviasi pengukuran berada di bawah 2 cm sehingga masih sesuai untuk implementasi radar sederhana berbasis IoT. Selain itu, LED indikator berhasil memberikan peringatan visual secara otomatis ketika objek berada pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm. Sinkronisasi antara pembacaan sensor dan pergerakan servo juga menunjukkan performa yang stabil selama proses pemindaian berlangsung.

Antarmuka radar digital berbasis HTML dan JavaScript berhasil menampilkan informasi sudut dan jarak objek secara visual dalam bentuk radar setengah lingkaran. Sistem web yang dijalankan langsung oleh ESP32 mampu memberikan respons yang cepat dan stabil tanpa memerlukan server eksternal. Fitur kontrol servo melalui halaman web turut meningkatkan fleksibilitas sistem dalam berbagai kebutuhan pemantauan.

Pengujian ketahanan menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara kontinu selama lebih dari delapan jam tanpa mengalami gangguan signifikan pada koneksi Wi-Fi, pengiriman data server *cloud*, maupun suhu operasi mikrokontroler. Selain itu, penggunaan memori dan sumber daya ESP32 masih tergolong efisien sehingga memungkinkan pengembangan fitur tambahan di masa mendatang.

Secara keseluruhan, prototipe radar otomatis berbasis ESP32 ini memiliki performa yang baik, mudah diimplementasikan, dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk berbagai aplikasi, seperti sistem keamanan, monitoring area terbatas, dan robotika berbasis IoT. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada integrasi *cloud computing*, penggunaan sensor dengan akurasi lebih tinggi, serta penerapan kecerdasan buatan untuk meningkatkan kemampuan analisis objek secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Chauhan, R., Bhatt, C., Pal, H. and Patel, S., 2023, July. Surveillance robot with object detection system. In *2023 IEEE World*

- Conference on Applied Intelligence and Computing (AIC)* (pp. 820-827). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/AIC57670.2023.10263904>.
- Kareem, H. and Dunaev, D., 2021, May. The working principles of ESP32 and analytical comparison of using low-cost microcontroller modules in embedded systems design. In *2021 4th International Conference on Circuits, Systems and Simulation (ICCSS)* (pp. 130-135). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICCSS51193.2021.9464217>.
- Liu, J., 2024. An Overview of ADAS System Sensors in The Automotive Electronics Sector. *Highlights Sci. Eng. Technol*, 111, pp.52-57. Available at: <https://doi.org/10.54097/3e8abp76>.
- Mavia, R.T.A.C., Siswanto, D.S. and Priyandoko, G., 2022. Sistem Pendeteksi Posisi Kendaraan Kecil pada Dump Truck Tambang menggunakan Modul Radio Frekuensi 433 MHz dan Radar Ultrasonik. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 3(02), pp.46-58. Available at: <https://doi.org/10.31328/jasee.v3i02.247>.
- Pradeep, A., 2023, August. Enabling IoTs with ESP32 for Affordable Education. In *2023 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)* (pp. 1368-1373). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICIRCA57980.2023.10220594>.
- Raihan, A.A.B., 2025. PENGEMBANGAN SISTEM RADAR PENDETEKSI OBJEK BERBASIS ARDUINO UNO. *Journal of Power Electric and Renewable Energy*, 2(2), pp. 10–14. Available at: <https://doi.org/10.59811/b5h05w40>.
- Roihan, A., Priyambodo, T.K. and Ashari, A., 2019, July. A survey on protocols for internet of things. In *2019 5th International Conference on Science and Technology (ICST)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICST47872.2019.9166240>.
- Vukonić, L. and Tomić, M., 2022, May. Ultrasonic sensors in IoT applications. In *2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)* (pp. 415-420). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803772>.
- Wei, Y., 2024. Applications of ultrasonic sensors: A review. *Applied and Computational Engineering*, 99(1), pp.144-148. Available at: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/99/20251773>.
- Zhang, X., Zhao, F. and Yang, L., 2022, December. Design and implementation of indoor radar based on ultrasonic. In *2022 4th International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC)* (pp. 686-689). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICFTIC57696.2022.10075311>.