

Implementasi Long-Range RFID dan Vehicle Loop Detector untuk Otomatisasi Akses Kendaraan dan Pengendalian Gerbang Pos Jaga Poltekad

Ridwan Asri Sudarsono¹⁾, Mohamad Andryan Prabowo²⁾, Aji Nugroho³⁾,
Juanda Rahimatullah⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} Prodi Teknik Telekomunikasi Militer. Politeknik Angkatan Darat
Jl. Raya Anggrek No.1 Junrejo, Batu, Indonesia
E – mail : ¹⁾r.asri.s04@gmail.com, ²⁾ma.prabowo@gmail.com,
³⁾ajinugroho220891@gmail.com, ⁴⁾komd4212@gmail.com

Implementation of Long-Range RFID and Vehicle Loop Detectors for Automated Vehicle Access and Security Post Gate Control at Poltekad

Abstract : *The vehicle access control system at the Poltekad Guard Post is still dominated by manual checks, which potentially create queues and reduce security oversight effectiveness. This research aims to implement an automated vehicle access system based on Long Range Radio Frequency Identification (RFID) using an ESP32 as the main controller integrated with a Vehicle Loop Detector (VLD), infrared beam sensor, limit switch, manual override, buzzer, AC barrier gate motor, and a web-based monitoring system. The experimental method includes hardware and software design, system integration, and field performance testing with n=20 repetitions per scenario. The testing results show that the Long Range RFID successfully identifies tags automatically with a tested maximum reading distance of 6 meters at a 90° tag orientation (mean response time of 1.25 seconds), 4 meters at 45° (mean response time of 1.05 seconds), and 3 meters at 0° (mean response time of 0.60 seconds). Furthermore, the integration of VLD, infrared beam, limit switch, and actuators achieved a 100% functional success rate (20/20 trials) in automated gate safety, precise motor stopping, and real-time database synchronization with an average latency of 0.35 seconds. Thus, the developed system is expected to potentially improve the efficiency, speed, and security of vehicle access control at the Poltekad Guard Post compared to conventional methods.*

Keywords: *Long Range RFID, ESP32, Vehicle Loop Detector, Barrier Gate, Vehicle Access Control System, Gate Automation.*

Abstrak: Sistem pengendalian akses kendaraan di Pos Jaga Poltekad masih didominasi oleh pemeriksaan manual yang berpotensi menimbulkan antrean serta menurunkan efektivitas pengawasan keamanan. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem otomatisasi akses kendaraan berbasis *Long Range Radio Frequency Identification* (RFID) dengan ESP32 sebagai pengendali utama yang diintegrasikan dengan *Vehicle Loop Detector* (VLD), *sensor infrared beam*, *limit switch*, *manual override*, *buzzer*, motor AC *barrier gate*, serta sistem monitoring berbasis web. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan jumlah pengulangan n = 20 kali yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian kinerja lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Long Range* RFID mampu membaca tag secara otomatis dengan jarak terjauh yang berhasil diuji mencapai 6 meter pada orientasi tag 90° (waktu respons rata-rata 1,25 detik), 4 meter pada orientasi 45° (waktu respons rata-rata 1,05 detik), dan 3 meter pada orientasi 0° (waktu respons rata-rata 0,60 detik). Selain itu, integrasi VLD, *infrared beam*, *limit switch*, dan aktuator

menunjukkan tingkat keberhasilan fungsi 100% (20/20 percobaan) dalam pengamanan penutupan gerbang, penghentian motor presisi, serta sinkronisasi data monitoring *real-time* ke database server dengan latensi 0,35 detik dan packet loss 0%. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dirancang untuk berpotensi meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan keamanan pengendalian akses kendaraan di Pos Jaga Poltekad.

Kata kunci: *Long Range* RFID, ESP32, *Vehicle Loop Detector*, *Barrier Gate*, Sistem Kontrol Akses Kendaraan, Otomatisasi Gerbang.

PENDAHULUAN

Keamanan merupakan aspek fundamental dalam menjaga stabilitas operasional pada kawasan dengan tingkat pengamanan tinggi, termasuk lingkungan pendidikan militer. Pos jaga berfungsi sebagai titik kontrol utama dalam proses keluar masuk kendaraan sehingga memerlukan sistem identifikasi yang cepat, akurat, dan andal. Di Politeknik Angkatan Darat (Poltekad), proses pemeriksaan kendaraan masih dilakukan secara manual melalui pemeriksaan visual, verifikasi identitas, dan pencatatan oleh petugas. Metode tersebut membutuhkan waktu pemeriksaan yang relatif lama, meningkatkan potensi *human error*, serta menyebabkan antrean kendaraan pada saat mobilitas tinggi. Oleh karena itu, diperlukan sistem kontrol akses yang mampu meningkatkan efektivitas pengawasan tanpa mengurangi aspek keamanan [1].

Perkembangan teknologi otomasi dan *Internet of Things* (IoT) mendorong pemanfaatan sistem identifikasi otomatis pada berbagai bidang, termasuk pengendalian akses kendaraan. Salah satu

teknologi yang banyak diterapkan adalah *Radio Frequency Identification* (RFID), yaitu teknologi identifikasi yang memanfaatkan gelombang radio untuk mengenali objek tanpa kontak fisik. RFID memiliki keunggulan berupa kecepatan pembacaan, tingkat akurasi tinggi, serta kemudahan integrasi dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler sehingga sesuai diterapkan pada sistem keamanan modern [2].

Pada implementasi sistem kontrol akses kendaraan, penggunaan *Long Range* RFID memberikan keunggulan dibandingkan RFID pasif konvensional karena memiliki jangkauan pembacaan yang lebih jauh. Kendaraan dapat dikenali sebelum mencapai gerbang sehingga proses pembukaan palang dapat dilakukan lebih cepat tanpa mengganggu kelancaran arus kendaraan. Teknologi tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi waktu tunggu kendaraan pada area dengan mobilitas tinggi [2].

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem kontrol akses kendaraan berbasis RFID. [3] mengembangkan sistem kontrol pintu

otomatis berbasis RFID dan *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan identifikasi pengguna secara otomatis serta menyediakan monitoring berbasis web secara *real-time*. Penelitian [4] menunjukkan bahwa integrasi RFID dengan ESP32 mampu meningkatkan efisiensi sistem parkir melalui identifikasi kendaraan yang cepat dan pencatatan data secara digital. Sementara itu, [5] membuktikan bahwa ESP32 mampu berfungsi secara andal sebagai pengendali *barrier gate* dengan tingkat keberhasilan operasi yang tinggi.

Selain proses identifikasi kendaraan, aspek keselamatan juga menjadi perhatian dalam pengembangan sistem gerbang otomatis. menyatakan bahwa penggunaan sensor pendukung mampu mencegah kesalahan penutupan palang gerbang dan meningkatkan keselamatan operasional. [7] menyatakan bahwa penggunaan sensor pendukung mampu mencegah kesalahan penutupan palang gerbang dan meningkatkan keselamatan operasional. Penelitian [6] juga menunjukkan bahwa penerapan mekanisme *manual override* sangat diperlukan untuk menjaga kontinuitas operasional ketika sistem otomatis mengalami gangguan. Dengan demikian, integrasi perangkat identifikasi dan sensor keselamatan menjadi faktor penting dalam meningkatkan keandalan sistem kontrol akses kendaraan.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menggunakan RFID pasif dengan jarak baca yang terbatas dan diterapkan pada area parkir umum atau kawasan industri. Penelitian yang mengintegrasikan *Long Range* RFID, ESP32, *Vehicle Loop Detector* (VLD), *infrared beam*, *limit switch*, motor AC *barrier gate*, serta monitoring berbasis web pada lingkungan militer masih relatif terbatas. Selain itu, implementasi sistem dengan pendekatan *controller-centric architecture*, yang memungkinkan pengambilan keputusan dilakukan langsung oleh mikrokontroler tanpa bergantung pada server, belum banyak dilaporkan pada penelitian terdahulu [8].

Secara teoritis, sistem otomasi gerbang terdiri atas subsistem masukan, pemrosesan, dan keluaran. Subsistem masukan meliputi RFID dan sensor pendukung sebagai media identifikasi kendaraan, sedangkan subsistem pemrosesan menggunakan mikrokontroler untuk melakukan validasi data dan pengambilan keputusan. Selanjutnya, hasil pemrosesan digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa *barrier gate* sehingga proses keluar masuk kendaraan dapat berlangsung secara otomatis. Arsitektur tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengendalian akses serta menyediakan pencatatan aktivitas kendaraan secara digital [1]

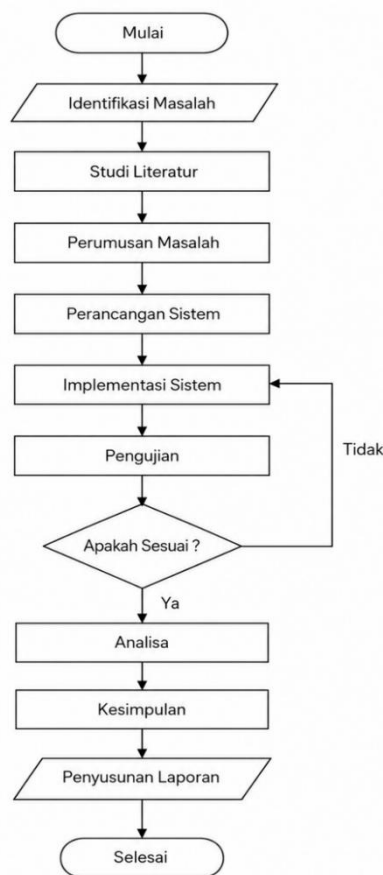
Pada penelitian ini, mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai pusat kendali karena memiliki kemampuan pemrosesan yang tinggi, mendukung komunikasi nirkabel, serta mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator. Sistem juga dilengkapi dengan *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, *limit switch*, *manual override*, dan *buzzer* untuk meningkatkan keselamatan operasional. Selain itu, monitoring berbasis web diterapkan sebagai media pemantauan status gerbang dan pencatatan aktivitas kendaraan secara *real-time*. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep *Internet of Things* yang memungkinkan proses monitoring dilakukan secara efektif tanpa mengganggu proses pengendalian di lapangan [9].

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana kinerja *Long Range* RFID dalam mengidentifikasi kendaraan berdasarkan variasi jarak dan posisi *tag* dengan pengujian berulang, bagaimana kinerja sistem otomasi gerbang berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, *limit switch*, dan motor *barrier gate*, serta bagaimana kinerja komunikasi data antara ESP32 dan *database server* dalam mendukung monitoring akses kendaraan secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem identifikasi kendaraan berbasis *Long Range* RFID,

merancang sistem gerbang otomatis menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, serta menganalisis kinerja sistem berdasarkan parameter keberhasilan identifikasi RFID, kecepatan respons gerbang, dan stabilitas komunikasi data kuantitatif. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa sistem kontrol akses kendaraan yang lebih cepat, aman, dan andal dibandingkan metode konvensional, sekaligus menjadi referensi bagi pengembangan teknologi otomasi gerbang pada institusi militer maupun fasilitas strategis lainnya.

METODE PENELITIAN

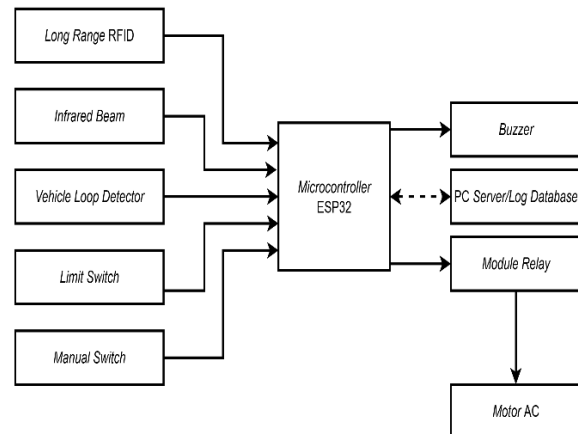
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*experimental research*) dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem otomatisasi akses kendaraan berbasis *Long Range Radio Frequency Identification* (RFID). Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, integrasi seluruh subsistem, serta pengujian kinerja sistem secara menyeluruh. Pendekatan eksperimen dipilih untuk mengetahui pengaruh variasi parameter pengujian terhadap performa sistem yang dikembangkan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Bengkel Telekomunikasi, Ruang UKM Poltekad, dan Pos Jaga Politeknik Angkatan Darat (Poltekad) pada periode Februari sampai Juli 2026. Sasaran penelitian adalah sistem kontrol akses kendaraan yang terdiri atas perangkat *Long Range* RFID (Model S4A UHF-105, frekuensi 902–928 MHz, antena polarisasi melingkar 8 dBi), ESP32 DevKit, *Vehicle Loop Detector* (VLD), sensor *infrared beam*, *limit switch*, *relay*, motor AC *barrier gate*, *buzzer*, *manual override*, serta aplikasi monitoring berbasis web. Sistem dirancang menggunakan arsitektur *controller-centric*, di

mana ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama dalam proses identifikasi kendaraan dan pengoperasian gerbang, sedangkan server digunakan sebagai media monitoring dan penyimpanan data akses kendaraan secara *real-time*.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi variasi jarak pembacaan *Long Range* RFID, posisi atau orientasi *tag* RFID, kondisi komunikasi data, serta masukan dari sensor *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, dan *limit switch*. Variabel terikat meliputi tingkat keberhasilan identifikasi RFID, waktu respons pembukaan dan penutupan *barrier gate*, keberhasilan kerja sensor, keberhasilan komunikasi data antara ESP32 dan server, serta kinerja sistem monitoring berbasis web.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, eksperimen dengan pengulangan terstruktur, dan dokumentasi. Observasi dilakukan terhadap proses akses kendaraan di Pos Jaga Poltekad sebagai

dasar analisis kebutuhan sistem. Selanjutnya dilakukan eksperimen dengan menguji setiap subsistem maupun sistem secara keseluruhan berdasarkan skenario pengujian dengan jumlah pengulangan $n = 20$ kali per parameter. Dokumentasi digunakan untuk merekam hasil pengujian berupa foto implementasi, data pembacaan RFID, hasil komunikasi data menggunakan *Wireshark*, serta tampilan sistem monitoring berbasis web. Data yang diperoleh terdiri atas data primer berupa hasil pengujian langsung terhadap perangkat, sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari jurnal ilmiah, buku referensi, standar teknis, dan dokumentasi perangkat yang digunakan.

Instrumen penelitian terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi *Long Range* RFID reader dan tag RFID, ESP32 DevKit, *Vehicle Loop Detector*, sensor *infrared beam*, *limit switch*, *relay module*, motor AC *barrier gate*, *buzzer*, *power supply*, komputer server, dan jaringan komunikasi. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman ESP32, Visual Studio Code untuk pengembangan aplikasi, Flask Python sebagai *framework* web monitoring, MySQL sebagai basis data, serta peramban web untuk menampilkan *dashboard* monitoring.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black-box testing*, yaitu menguji fungsi setiap komponen

berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) dengan pengulangan sebanyak 20 kali untuk menetapkan hitungan keberhasilan yang valid. Parameter yang diuji meliputi kemampuan pembacaan *Long Range* RFID pada beberapa variasi jarak dan posisi tag, respons sensor *infrared beam*, kinerja *Vehicle Loop Detector*, *limit switch*, motor AC *barrier gate*, *manual override*, serta komunikasi data antara ESP32 dan server monitoring. Selain itu dilakukan pengujian integrasi sistem untuk memastikan seluruh komponen bekerja secara sinkron sesuai dengan alur kerja yang telah dirancang.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil pengujian terhadap spesifikasi dan parameter yang telah ditetapkan. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk rata-rata waktu, persentase keberhasilan, tabel, dan grafik untuk memudahkan analisis terhadap tingkat keberhasilan identifikasi RFID, waktu respons sistem, keberhasilan deteksi sensor, dan performa komunikasi data. Selanjutnya dilakukan interpretasi terhadap hasil pengujian untuk mengevaluasi ketercapaian tujuan penelitian serta mengetahui keandalan sistem kontrol akses kendaraan yang dikembangkan.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menghasilkan sistem otomatisasi akses kendaraan berbasis *Long Range Radio Frequency Identification* (RFID)

yang terintegrasi dengan ESP32, *Vehicle Loop Detector* (VLD), *infrared beam*, *limit switch*, motor AC *barrier gate*, *manual override*, *buzzer*, dan aplikasi monitoring berbasis web. Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh subsistem dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan alur operasi yang dirancang, mulai dari proses identifikasi kendaraan, validasi akses, pengoperasian *barrier gate*, hingga pencatatan data akses ke dalam database secara *real-time*.

Hasil Pengujian Long Range RFID

Pengujian *Long Range* RFID dilakukan untuk mengetahui kemampuan pembacaan *tag* RFID pada beberapa variasi posisi *tag* terhadap antena *reader* dengan pengulangan $n=20$ kali tiap titik. Parameter yang diamati meliputi jarak pembacaan terjauh yang diuji, waktu respons rata-rata sistem, dan persentase keberhasilan identifikasi *tag*.

Tabel 1 Hasil Pengujian Long Range RFID

Posisi Tag RFID	Jarak Terjauh Diuji (meter)	Persentase Keberhasilan	Respon Rata-rata (Detik)	Hasil
90°	6	100% (20/20)	1,25	Berhasil
45°	4	100% (20/20)	1,05	Berhasil
0°	3	100% (20/20)	0,60	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi *tag* RFID memengaruhi performa

pembacaan. Posisi *tag* yang sejajar dengan antena *reader* menghasilkan jangkauan baca yang lebih baik dibandingkan posisi lainnya. Jarak yang dicantumkan merupakan titik jangkauan terjauh operasional yang diuji secara konsisten. Pada seluruh skenario pengujian, sistem mampu mengidentifikasi kendaraan secara otomatis sehingga proses validasi akses dapat dilakukan sesuai rancangan.

Hasil Pengujian Vehicle Loop Detector

Vehicle Loop Detector diuji untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan kendaraan pada area *barrier gate* sebanyak 20 kali pengulangan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Vehicle Loop Detector

Skenario Pengujian	Tingkat Keberhasilan	Hasil
Kendaraan berada di atas <i>loop</i>	100% (20/20)	Terdeteksi & Palang Tertahan
Kendaraan meninggalkan <i>loop</i>	100% (20/20)	Tidak terdeteksi
<i>Barrier gate</i> menutup setelah kendaraan keluar	100% (20/20)	Berhasil Otomatis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Vehicle Loop Detector* mampu mendeteksi kendaraan secara konsisten ketika kendaraan berada di atas *loop* induksi. Sensor juga mampu mencegah penutupan *barrier gate* selama kendaraan masih berada pada area gerbang sehingga meningkatkan aspek keselamatan operasional sistem.

Hasil Pengujian *Limit Switch*

Pengujian *limit switch* dilakukan untuk memastikan motor berhenti secara otomatis ketika *barrier gate* mencapai posisi buka maksimum maupun tutup maksimum (n=20).

Tabel 3 Hasil Pengujian Limit Switch

Kondisi Pengujian	Tingkat Keberhasilan	Hasil
Posisi buka penuh	100% (20/20)	Motor berhenti presisi
Posisi tutup penuh	100% (20/20)	Motor berhenti presisi
Pengulangan pengujian	100% (20/20)	Stabil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *limit switch* bekerja sesuai fungsi yang dirancang. Sensor mampu memberikan sinyal penghentian kepada motor AC sehingga pergerakan *barrier gate* berhenti tepat pada posisi buka maupun tutup tanpa mengalami kesalahan mekanis.

Hasil Pengujian *Infrared Beam*

Pengujian *Infrared (IR) Beam* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan kendaraan yang melintas pada area gerbang. Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi awal (*trigger sensor*) yang memberikan sinyal kepada ESP32 untuk memulai proses identifikasi kendaraan menggunakan *Long*

Range RFID. Pengujian dilakukan dengan pengulangan 20 kali.

Tabel 4 Hasil Pengujian Infrared Beam

Pengujian	Keberhasilan	Respons Sensor	Hasil
Tidak ada kendaraan	100% (20/20)	Sinar diterima (Normal)	Berhasil
Kendaraan memutus sinar IR	100% (20/20)	Kendaraan terdeteksi	Berhasil
Kendaraan melewati sensor	100% (20/20)	Sensor kembali normal	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *Infrared Beam* mampu mendeteksi keberadaan kendaraan secara konsisten ketika sinar inframerah terputus oleh objek kendaraan. Setelah kendaraan melewati area deteksi, sensor kembali ke kondisi normal dan siap melakukan pendeteksian berikutnya. Respons sensor yang stabil menunjukkan bahwa *Infrared Beam* mampu berfungsi sebagai pemicu awal proses identifikasi kendaraan sehingga ESP32 dapat melakukan pembacaan RFID pada waktu yang tepat.

Hasil Pengujian Motor AC *Barrier Gate*

Pengujian aktuator dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membuka dan menutup *barrier gate* serta indikasi keadaan darurat berdasarkan perintah ESP32 (n=20).

Tabel 5 Hasil Pengujian Motor AC Barrier Gate

Perintah / Modul Sistem	Tingkat berhasilan	Respo ns Motor / Modul	Hasil
Buka gerbang otomatis	100% (20/20)	<i>Barrier gate</i> terbuka	Berhasil
Tutup gerbang otomatis	100% (20/20)	<i>Barrier gate</i> tertutup	Berhasil
Tekan <i>Manual Override</i>	100% (20/20)	Kendali darurat aktif	Berhasil
Peringatan akses ilegal	100% (20/20)	<i>Buzzer</i> berbunyi	Berhasil

Motor AC *barrier gate*, *manual override*, dan *buzzer* mampu merespons seluruh perintah yang dikirimkan oleh ESP32 dengan baik. Selama pengujian tidak ditemukan kegagalan fungsi sehingga keseluruhan aktuator dinilai memiliki tingkat keandalan yang baik untuk mendukung sistem kontrol akses kendaraan.

Hasil Pengujian Komunikasi ESP32 dengan Server

Pengujian komunikasi dilakukan untuk mengukur performa ESP32 dalam mengirimkan data identitas kendaraan menuju server monitoring berbasis web menggunakan analisis metrik pada jaringan *Wireshark*.

Tabel 6 Hasil Pengujian Komunikasi ESP32 dengan Server

Parameter	Nilai/Hasil Pengukuran	Hasil/ Keterangan
Pengiriman data RFID	100% Transmisi Sukses	Berhasil
Latensi Komunikasi	Rata-rata 0,35 Detik	Cepat / <i>Real-time</i>
<i>Packet Loss</i> (Jaringan Lokal)	0%	Sinkronisasi Stabil
Penyimpanan database	100% Tersimpan	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data antara ESP32 dan server berjalan dengan kuantifikasi yang sangat baik. Seluruh data identitas kendaraan, waktu akses, dan status *barrier gate* berhasil dikirim dengan latensi hanya 0,35 detik dan tanpa *packet loss* di jaringan lokal, serta disimpan pada database. Informasi tersebut dapat ditampilkan pada *dashboard* monitoring secara *real-time*, sehingga memudahkan petugas dalam melakukan pengawasan.

Hasil Pengujian Integrasi Sistem

Tabel 7 Hasil Pengujian Integrasi Sistem

Tahapan Sistem	Tingkat Keberhasilan	Hasil
RFID membaca <i>tag</i>	100%	Berhasil
ESP32 memvalidasi data	100%	Berhasil

Motor AC membuka gerbang	100%	Berhasil
VLD mendeteksi kendaraan	100%	Berhasil
Limit switch menghentikan motor	100%	Berhasil
Data tersimpan pada server	100%	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh tahapan sistem dapat bekerja secara berurutan tanpa mengalami kegagalan fungsi dalam 20 siklus pengujian. Kendaraan yang memiliki *tag* RFID terdaftar dapat diidentifikasi secara otomatis, selanjutnya ESP32 memproses data identitas dan mengendalikan motor *barrier gate* untuk membuka akses. Setelah kendaraan melewati gerbang, *Vehicle Loop Detector* dan *limit switch* memastikan proses penutupan *barrier gate* berlangsung dengan aman. Seluruh aktivitas akses kendaraan juga berhasil direkam pada database dan ditampilkan melalui aplikasi monitoring berbasis web secara *real-time*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian. Integrasi *Long Range* RFID dengan ESP32, *Vehicle Loop Detector*, sensor keselamatan, dan monitoring berbasis web mampu menghasilkan sistem kontrol akses kendaraan yang bekerja secara

otomatis, memiliki respons yang cepat, serta mendukung peningkatan keamanan dan efisiensi operasional pada Pos Jaga Poltekad.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi akses kendaraan berbasis *Long Range Radio Frequency Identification* (RFID) yang diintegrasikan dengan ESP32, *Vehicle Loop Detector* (VLD), *infrared beam*, *limit switch*, dan motor AC *barrier gate* mampu bekerja sesuai tujuan penelitian.

Sistem berhasil melakukan identifikasi kendaraan secara otomatis, mengendalikan pembukaan dan penutupan gerbang, serta mengirimkan data aktivitas kendaraan ke aplikasi monitoring berbasis web dengan latensi sangat rendah. Temuan tersebut menjawab rumusan masalah pertama bahwa implementasi *Long Range* RFID mampu digunakan sebagai media identifikasi kendaraan pada sistem kontrol akses di Pos Jaga Poltekad. Performa pembacaan RFID sangat dipengaruhi oleh jarak dan orientasi *tag* terhadap antenna pembaca. Semakin optimal posisi *tag* terhadap antenna (0° front-facing hingga 90° paralel), semakin baik kualitas pembacaan yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik propagasi gelombang radio masih menjadi faktor utama yang memengaruhi performa sistem RFID.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 sebagai pengendali utama mampu mengintegrasikan seluruh komponen sistem secara efektif. ESP32 memproses data hasil pembacaan RFID, melakukan validasi identitas kendaraan, mengendalikan relay dan motor AC *barrier gate*, serta mengirimkan data ke server monitoring tanpa mengganggu proses kontrol lokal. Arsitektur *controller-centric* yang diterapkan dirancang untuk memungkinkan sistem tetap menjalankan fungsi utama meskipun terjadi gangguan komunikasi dengan server. Dengan demikian, server difungsikan sebagai media penyimpanan dan monitoring, sedangkan keputusan pembukaan maupun penutupan gerbang dilakukan langsung oleh mikrokontroler di lapangan. Pendekatan ini merupakan karakteristik desain yang ditujukan untuk meningkatkan keandalan sistem, terutama pada lingkungan dengan kebutuhan keamanan tinggi seperti kawasan militer.

Integrasi *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, dan *limit switch* memberikan kontribusi signifikan terhadap aspek keselamatan operasional. *Vehicle Loop Detector* mampu mendeteksi keberadaan kendaraan yang masih berada di bawah *barrier gate* sehingga sistem tidak menutup palang sebelum kendaraan benar-benar melewati area gerbang. *Infrared beam* berfungsi sebagai sensor pendeteksi awal

kendaraan untuk memulai proses identifikasi, sedangkan *limit switch* memastikan motor berhenti pada posisi buka dan tutup secara tepat. Kombinasi ketiga sensor tersebut menghasilkan mekanisme pengamanan berlapis (*multi-layer safety system*) yang meningkatkan keandalan sistem dibandingkan apabila hanya mengandalkan pembacaan RFID sebagai dasar pengambilan keputusan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian [3] yang menyatakan bahwa integrasi RFID dengan teknologi *Internet of Things* mampu meningkatkan efisiensi sistem kontrol akses melalui identifikasi otomatis dan pencatatan data secara *real-time*. Demikian pula, peneliti [4] menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 sebagai pengendali utama dapat meningkatkan efektivitas sistem parkir otomatis melalui komunikasi data yang cepat dan stabil. Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada penggunaan RFID sebagai media identifikasi dan ESP32 sebagai pengendali sistem. Namun, penelitian ini memiliki perbedaan karena mengintegrasikan *Long Range* RFID, *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, *limit switch*, serta mekanisme *manual override* dalam satu sistem yang diterapkan pada lingkungan pendidikan militer dengan kebutuhan keamanan yang lebih tinggi. Selain itu, arsitektur *controller-centric* yang digunakan memungkinkan sistem tetap

beroperasi secara mandiri meskipun koneksi dengan *server monitoring* terganggu, sehingga meningkatkan keandalan operasional.

Keberhasilan komunikasi data antara ESP32 dan server—terbukti dari tingkat *packet loss* 0% dan latensi rata-rata 0,35 detik—menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis web mampu menampilkan informasi identitas kendaraan, waktu akses, serta status *barrier gate* secara andal. Kemampuan ini memberikan kemudahan bagi petugas dalam melakukan pengawasan dan dokumentasi aktivitas kendaraan. Pencatatan data secara digital juga meningkatkan akuntabilitas dan mempermudah proses penelusuran riwayat akses kendaraan apabila diperlukan. Dengan demikian, prototipe sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi fungsional sebagai pengendali gerbang otomatis, tetapi juga sebagai media monitoring yang mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan keamanan kawasan.

Meskipun sistem telah bekerja sesuai tujuan penelitian, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan. Performa pembacaan *Long Range* RFID dipengaruhi oleh orientasi *tag*, keberadaan objek logam di sekitar antena, serta kondisi lingkungan yang berpotensi menimbulkan interferensi gelombang radio. Oleh karena itu, penelitian

selanjutnya dapat difokuskan pada optimasi penempatan antena, pengaturan daya pancar *reader*, dan penggunaan antena dengan karakteristik polarisasi yang lebih sesuai untuk meningkatkan kestabilan pembacaan. Selain itu, pengembangan sistem dapat dilakukan dengan menambahkan autentikasi berlapis, seperti pengenalan wajah (*face recognition*), enkripsi komunikasi data, serta integrasi dengan sistem manajemen keamanan berbasis *Internet of Things* untuk meningkatkan tingkat keamanan dan skalabilitas sistem pada kawasan strategis.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Long Range* RFID yang dipadukan dengan ESP32, *Vehicle Loop Detector*, sensor keselamatan, *manual override*, dan monitoring berbasis web mampu menghasilkan sistem kontrol akses kendaraan yang bekerja dengan fungsionalitas 100% pada parameter yang diuji. Sistem yang dikembangkan berhasil menjawab seluruh rumusan masalah penelitian, dan secara arsitektur berpotensi besar memberikan peningkatan efisiensi dibandingkan metode pemeriksaan manual pada institusi militer maupun fasilitas lain yang membutuhkan sistem kontrol akses kendaraan dengan tingkat keamanan tinggi.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variabel bebas berupa

jarak pembacaan *Long Range* RFID, orientasi *tag* RFID, serta kinerja sensor *Vehicle Loop Detector*, *infrared beam*, dan *limit switch* berpengaruh terhadap variabel terikat yang meliputi keberhasilan identifikasi kendaraan, kecepatan respons pembukaan dan penutupan *barrier gate*, keandalan sistem kontrol akses, serta keberhasilan komunikasi data menuju sistem monitoring berbasis web. Semakin optimal posisi *tag* RFID dan semakin baik koordinasi antar sensor, semakin tinggi tingkat keberhasilan identifikasi kendaraan dan semakin cepat respons sistem dalam mengendalikan gerbang otomatis. Integrasi *Long Range* RFID dengan ESP32 sebagai pengendali utama serta sistem monitoring berbasis web terbukti (melalui $n=20$ pengujian berulang dengan latensi 0,35 detik) mampu mengotomatisasi proses kontrol akses kendaraan, mengurangi intervensi pemeriksaan fisik manual, dan mendukung pencatatan aktivitas kendaraan secara *real-time* pada Pos Jaga Poltekad. Meskipun demikian, performa pembacaan RFID masih dipengaruhi oleh orientasi *tag* dan kondisi lingkungan di sekitar antena pembaca, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji batas *failure point* jarak terjauh, mengoptimalkan konfigurasi antena, memperluas pengujian pada kepadatan lalu lintas kendaraan tinggi, serta mengembangkan sistem dengan autentikasi berlapis seperti integrasi *face recognition*,

enkripsi komunikasi, dan sistem keamanan komprehensif agar keandalan dan skalabilitas sistem semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Claver, W. Musoni, and N. Didace, "Develop an Extended IoT Based Smart Gate System for Vehicles: A Case of Rp-Huye College," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 1872–1883, 2025, doi: 10.38124/ijisrt/25apr1217.
- [2] Y. Duroc, "From Identification to Sensing: RFID Is One of the Key Technologies in the IoT Field," *Sensors*, vol. 22, no. 19, 2022, doi: 10.3390/s22197523.
- [3] M. F. Rahman and M. I. A. Rahman, "Sistem Kontrol Pintu Otomatis Menggunakan RFID (Radio-Frequency Identification) Berbasis Internet of Things (IoT)," *TRILOGI J. Ilmu Teknol. Kesehatan, dan Hum.*, vol. 6, no. 4, pp. 25–33, 2025, doi: 10.33650/trilogi.v6i4.13197.
- [4] V. Gallant Smart and I. Cahyo Utomo, "System Smart Parking Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan RFID Untuk Otomatisasi Akses Parkir di PT. Glory Industrial Semarang," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 5, no. 7, pp. 2055–2067, 2025, doi: 10.52436/1.jpti.899.
- [5] L. K. Wau, S. Sharyanto, and R. G. Whendasmoro, "Design and Development of an E-Commerce System at PT. KMK Global Sport," *J. Math. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2025, doi: 10.63893/matech.v4i1.290.
- [6] David Fadlianda, Muhammad Fikry, and Nunsina, "Innovative IoT-Based Automatic Gate System with RFID and Electro-Magnetic Lock for Secure Access," *Proc. Malikussaleh Int. Conf. Multidiscip. Stud.*, vol. 4, p. 00005, 2024, doi: 10.29103/micoms.v4i.884.
- [7] H. A. Nurohman and P. Pramono, "Pengembangan Sistem Kontrol Akses Pintu Otomatis Menggunakan RFID,

- Keypad, Servo SG90, dan ESP32 untuk Keamanan Berbasis IoT,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 779–787, 2025.
- [8] M. Rizal Fitriani and D. Ogi, “Implementasi RFID dan Optical Character Recognition (OCR) pada Prototipe Sistem Gerbang Otomatis,” *Info Kripto*, vol. 19, no. 1, pp. 1–12, 2025, doi: 10.56706/ik.v19i1.115.
- [9] I. Husni, M. Fajrun, N. Al Aziz, and F. Brawijaya, “Sistem Kontrol Pintu Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Teknologi RFID,” *J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 18–25, 2026, [Online]. Available: <https://ejournal.mediakovatech.org/index.php/jutics/index>