EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673

pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Fingerprint, Aplikasi Android dan Gps Tracker pada Mikrokontroler Esp32 Guna Mencegah Pencurian

Ali Suwarno[1], Ojak Abdul Rozak[2*], Dwi Anie Gunastuti[3], Lili Solihin[4],

[1,2,3,4]*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang*
[1,2,3,4]*Jl. Surya Kencana No. 1, Pamulang, Tangerang Selatan 15417*

[1]*Email: alisuwarno777@gmail.com*

[2]**Email : dosen01314@unpam.ac.id*

[3]*Email: dosen01653@unpam.ac.id*

[4]*Email: dosen00860@unpam.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 01-09-2025
revisi : 10-12-2025
diterima : 19-12-2025
dipublish : 31-12-2025

ABSTRAK

Pencurian sepeda motor merupakan salah satu kejahatan yang paling sering terjadi di Indonesia dan belum dapat ditanggulangi secara optimal dengan sistem keamanan konvensional. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor *fingerprint* R503, *GPS Tracker* CJ720, dan aplikasi Android guna mencegah tindak pencurian kendaraan. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental dengan menguji lima parameter utama: akurasi autentikasi biometrik, waktu respons sistem, stabilitas koneksi *Bluetooth Low Energy* (BLE), akurasi lokasi GPS menggunakan formula Haversine, serta konsumsi daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan autentikasi *fingerprint* dengan akurasi 100%, FAR = 0%, dan FRR = 0%, sehingga tidak ada satu pun upaya akses tidak sah yang berhasil menembus sistem. Waktu respons rata-rata autentikasi adalah 0,95 detik, koneksi BLE stabil hingga jarak 7 meter, deviasi lokasi GPS rata-rata 4,25 meter pada lingkungan semi-terbuka, dan konsumsi daya maksimal 3,10 Watt pada mode operasi penuh. Sistem terbukti beroperasi secara stabil, responsif, dan efisien dalam penggunaan daya sehingga layak diterapkan sebagai solusi keamanan kendaraan berlapis berbasis IoT untuk mencegah pencurian sepeda motor.

Kata kunci: ESP32; Sensor Fingerprint; GPS Tracker; Aplikasi Android; IoT.

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

PENDAHULUAN

Pencurian sepeda motor merupakan salah satu tindak kriminal yang paling dominan di Indonesia. Berdasarkan data Polrestro Kota Tangerang (Polres Metro Tangerang, 2022), kasus pencurian kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahun seiring berkembangnya modus operandi pelaku yang semakin canggih. Kondisi ini diperparah oleh masih luasnya penggunaan sistem keamanan konvensional berupa kunci mekanis dan alarm pasif yang relatif mudah dibobol menggunakan metode seperti *relay attack*, kunci duplikat, maupun perangkat pembuka paksa (Natassja Yvonne, 2025; Prakash & Jha, 2020). Keterbatasan sistem konvensional tersebut menimbulkan kebutuhan akan pengembangan sistem keamanan yang lebih andal, berlapis, serta mampu mencegah akses tidak sah secara lebih efektif.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk membangun sistem keamanan kendaraan yang lebih cerdas dan terintegrasi. Teknologi biometrik *fingerprint* menawarkan metode autentikasi yang sulit dipalsukan karena memiliki karakteristik unik pada setiap individu. Integrasi *fingerprint* dengan mikrokontroler ESP32 yang mendukung komunikasi *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan WiFi, serta modul *GPS Tracker* untuk pelacakan lokasi secara *real-time*, memungkinkan terbentuknya sistem keamanan berlapis yang tidak hanya mencegah pencurian tetapi juga membantu proses pelacakan kendaraan apabila terjadi kehilangan (Aryatama & Samsugi, 2024; Kim et al., 2021; Zhao et al., 2023). Dalam sistem ini, aplikasi Android berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan pemantauan serta pengendalian sistem keamanan kendaraan secara *real-time* dari jarak jauh (Rahmadewi & Assubhi, 2024), sehingga penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem keamanan sepeda motor berbasis *fingerprint*, aplikasi Android, dan *GPS Tracker* pada ESP32, menganalisis mekanisme kerja sistem keamanan berlapis yang dihasilkan, serta mengevaluasi kinerja sistem secara kuantitatif meliputi akurasi autentikasi biometrik, waktu respons, stabilitas koneksi BLE, akurasi *GPS Tracker*, konsumsi daya, dan efektivitas perintah kendali aplikasi Android dalam mencegah akses tidak sah.

TEORI

1. Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor

Sistem keamanan kendaraan bermotor merupakan teknologi yang dirancang untuk melindungi kendaraan dari akses tidak sah, pencurian, maupun tindakan perusakan. Sistem ini telah berkembang dari penggunaan kunci mekanik konvensional menuju sistem elektronik yang memanfaatkan sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi digital. Perkembangan tersebut didorong oleh meningkatnya kasus pencurian kendaraan serta kebutuhan pengguna akan sistem keamanan yang lebih efektif dan mudah dioperasikan. Saat ini sistem keamanan kendaraan modern mulai mengintegrasikan teknologi seperti autentikasi biometrik, pelacakan lokasi, serta konektivitas perangkat mobile sehingga kendaraan dapat dipantau dan dikendalikan secara *real-time* oleh

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

pemiliknya melalui aplikasi *mobile* (Lee et al., 2021).

2. Teknologi Biometrik Fingerprint

iometrik merupakan teknologi identifikasi yang menggunakan karakteristik biologis manusia sebagai dasar proses autentikasi, salah satunya adalah *fingerprint* recognition atau pengenalan sidik jari. Setiap individu memiliki pola sidik jari yang unik sehingga teknologi ini banyak digunakan dalam sistem keamanan karena sulit dipalsukan. Sistem *fingerprint* bekerja dengan menangkap citra sidik jari menggunakan sensor khusus kemudian mengekstraksi fitur unik seperti ridge dan minutiae untuk dibandingkan dengan data yang telah tersimpan dalam basis data sistem. Proses pencocokan ini menentukan apakah pengguna memiliki hak akses atau tidak, sehingga teknologi *fingerprint* dapat meningkatkan keamanan sistem dengan memberikan autentikasi berbasis identitas biologis pengguna (A. Jain & al., 2022; A. K. Jain & Ross, 2021).

3. Teknologi Aplikasi Android

Android merupakan sistem operasi berbasis Linux yang dikembangkan untuk perangkat *mobile* seperti *smartphone* dan tablet serta menyediakan *platform* pengembangan aplikasi yang fleksibel. Sistem operasi ini mendukung berbagai teknologi komunikasi nirkabel seperti Bluetooth dan Wi-Fi yang memungkinkan perangkat *mobile* terhubung dengan berbagai perangkat elektronik lainnya. Dalam sistem keamanan kendaraan berbasis *Internet of Things*, aplikasi Android berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk melakukan pengendalian dan pemantauan sistem secara jarak jauh. Melalui aplikasi tersebut, pengguna dapat mengirimkan perintah, memantau kondisi sistem, serta menerima notifikasi keamanan kendaraan secara *real-time* (Kumar & Sinha, 2021; Kurose & Ross, 2017)

4. Teknologi *GPS Tracker*

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi suatu objek di permukaan bumi secara akurat dengan memanfaatkan sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit bumi. Teknologi ini bekerja menggunakan metode triangulasi sinyal untuk menghitung koordinat lokasi penerima GPS. *GPS Tracker* merupakan perangkat yang memanfaatkan teknologi GPS untuk melacak posisi kendaraan secara *real-time* dan biasanya terhubung dengan sistem komunikasi seperti jaringan seluler atau aplikasi mobile sehingga data lokasi kendaraan dapat dikirimkan kepada pengguna. Dalam sistem keamanan kendaraan, *GPS Tracker* memiliki peran penting untuk membantu pemilik kendaraan mengetahui lokasi kendaraan apabila terjadi pencurian atau kehilangan (Kaplan et al., 2017)

5. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *system-on-chip* yang banyak digunakan dalam pengembangan perangkat Internet of Things karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup tinggi serta dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*. Mikrokontroler ini juga memiliki berbagai antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C yang

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan modul elektronik. Dalam sistem keamanan kendaraan berbasis IoT, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data dari sensor *fingerprint*, modul GPS, serta perangkat input lainnya, kemudian mengirimkan informasi tersebut ke aplikasi Android sehingga sistem dapat melakukan monitoring dan pengendalian secara *real-time* (El-Khozondar et al., 2024).

6. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat bertukar data secara otomatis. Konsep ini memungkinkan objek seperti sensor, kendaraan, maupun perangkat elektronik lainnya terintegrasi dalam satu sistem digital yang cerdas. Dalam sistem keamanan kendaraan, teknologi IoT memungkinkan integrasi antara sensor biometrik, modul GPS, mikrokontroler, serta aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi kendaraan secara langsung serta mengontrol sistem keamanan dari jarak jauh melalui perangkat *smartphone* (Costa et al., 2024).

7. Akurasi Sistem Biometrik

Akurasi merupakan salah satu parameter penting dalam sistem biometrik karena menentukan tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali pengguna yang sah. Kinerja sistem biometrik biasanya diukur menggunakan indikator seperti *False Acceptance Rate* (FAR) dan *False Rejection Rate* (FRR), dimana FAR menunjukkan kemungkinan sistem menerima pengguna yang tidak sah sedangkan FRR menunjukkan kemungkinan sistem menolak pengguna yang sebenarnya sah. Semakin rendah nilai FAR dan FRR maka semakin tinggi tingkat akurasi sistem biometrik yang digunakan sehingga sistem keamanan dapat memberikan autentikasi yang lebih andal(A. K. Jain et al., 2020).

METODOLOGI

Penelitian menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan tahapan: (1) studi literatur dan perancangan sistem; (2) implementasi perangkat keras dan lunak; (3) pengujian sistem;.

Komponen utama yang digunakan: mikrokontroler ESP32, sensor *fingerprint* R503 (UART), modul GPS CJ720, relay 2-channel, buck converter 12V→5V, dan aplikasi Android berbasis MIT App Inventor. Sumber daya menggunakan aki kendaraan 12V DC.

Gambar 1 Hasil Perakitan Alat system keamanan sepeda motor

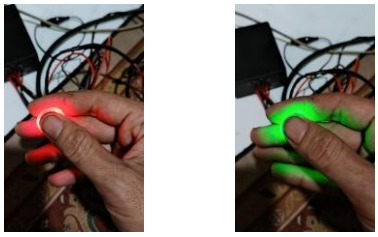
Pengujian dilakukan terhadap lima parameter: (1) akurasi FAR/FRR *fingerprint* — 10 percobaan pada empat kondisi jari; (2) waktu respons autentikasi; (3) stabilitas BLE pada jarak 1, 4, dan 7 meter; (4) akurasi GPS Haversine pada lingkungan terbuka, semi-terbuka, dan tertutup; serta (5) konsumsi daya pada mode OFF, pantau, dan ON..

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Akurasi Sensor Fingerprint.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mencegah akses tidak sah yang menjadi penyebab utama pencurian kendaraan. Sebanyak 30 percobaan dilakukan terhadap pengguna terdaftar (TP = 10, FN = 0) dan 10 percobaan terhadap pengguna tidak terdaftar yang mensimulasikan upaya pencurian (TN = 10, FP = 0). Seluruh hasil tercantum pada Tabel 1.



Gambar 2 Percobaan sensor Fingerprint

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Fingerprint pada Pengguna Terdaftar dan Tidak Terdaftar

(Sumber: Data Primer, 2026)

Percobaan	Status Pengguna Terdaftar	Hasil	Status Pengguna Tdk Terdaftar	Hasil
1	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
2	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
3	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
4	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
5	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
6	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
7	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
8	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
9	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
10	Berhasil	Dikenali	Berhasil Ditolak	Tdk Terdaftar
Total	10 Berhasil	0 Gagal	10 Berhasil	0 Gagal
FAR / FRR	—	0%	—	0%
Akurasi	—	100%	—	100%

Menggunakan persamaan (1) dan (2):

$$FAR = (0/(0+10))\times 100\% = 0\% \quad (12)$$

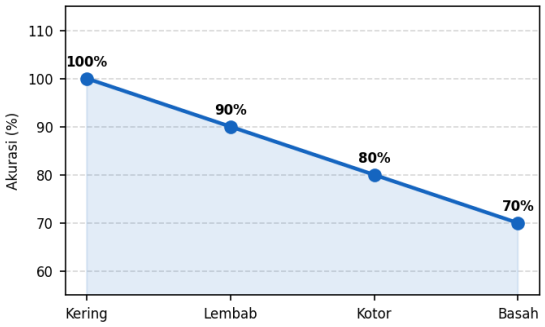
$$FRR = (0/(0+10))\times 100\% = 0\% \quad (13)$$

Menggunakan persamaan (3):

$$Akurasi = (20/20)\times 100\% = 100\% \quad (14)$$

Nilai FAR = FRR = 0% membuktikan bahwa sistem mampu secara konsisten mencegah seluruh upaya akses tidak sah yang mensimulasikan tindakan pencurian, sekaligus tidak menolak satu pun pengguna sah yang berhak mengakses kendaraan. Hasil ini melampaui standar minimum sistem keamanan biometrik yang mensyaratkan FAR < 1% (A. K. Jain et al., 2020). Grafik akurasi per kondisi jari disajikan pada Gambar 3.

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595



Gambar 3 Akurasi Sensor Fingerprint pada Berbagai Kondisi Jari

(Sumber: Data Primer, 2026)

Waktu Respons Autentikasi pada Berbagai Kondisi Jari

Tabel 2 menyajikan data waktu respons pada kondisi jari kering, lembab, dan basah.

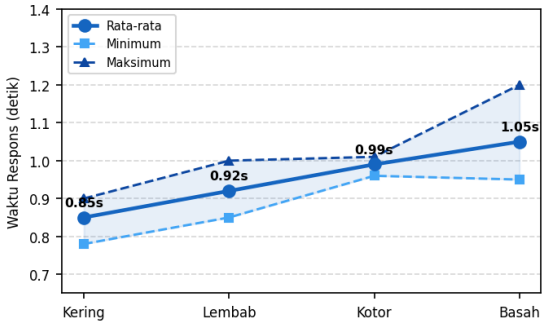
Tabel 2 Waktu Respons Sensor Fingerprint pada Berbagai Kondisi Jari

Percobaan	Kering (s)	Lembab (s)	Basah (s)
1	0,78	0,85	0,95
2	0,80	0,87	0,98
3	0,82	0,88	1,00
4	0,84	0,90	1,02
5	0,85	0,92	1,05
6	0,86	0,93	1,07
7	0,88	0,95	1,10
8	0,87	0,97	1,12
9	0,89	0,99	1,15
10	0,90	1,00	1,20
Rata-rata	0,85	0,92	1,05
Minimum	0,78	0,85	0,95
Maksimum	0,90	1,00	1,20

Rata-rata keseluruhan menggunakan persamaan (7):

$\bar{t}_{total} = (0{,}85+0{,}92+0{,}99+1{,}05)/4 = 0{,}95$ detik (15)

Kondisi jari basah menghasilkan waktu respons terlama ($\bar{t}$ = 1,05 s) karena lapisan air menyebabkan distorsi citra sidik jari, memaksa sensor melakukan akuisisi ulang. Meskipun demikian, seluruh kondisi masih berada jauh di bawah ambang 3 detik yang ditetapkan sebagai batas maksimum sistem autentikasi keamanan kendaraan, sehingga sistem dapat merespons dengan cepat guna mencegah upaya akses paksa oleh pencuri (Zhang et al., 2025). Visualisasi perbandingan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Waktu Respons Sensor Fingerprint per Kondisi Jari

(Sumber: Data Primer, 2026)

Pengujian Koneksi Bluetooth Low Energy (BLE)

Tabel 3 merangkum rata-rata performa koneksi BLE pada tiga variasi jarak.

Tabel 3 Performa Rata-rata Koneksi BLE pada Berbagai Jarak

(Sumber: Data Primer, 2026)

Jarak (m)	Rata-rata Waktu Koneksi (s)	Durasi Stabil (menit)	Keberhasilan (%)
1	1,27	10,0	100
4	0,84	9,1	90
7	1,86	6,5	80

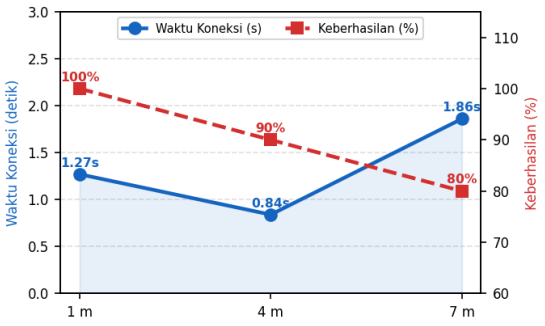
Menggunakan persamaan (3) dan (7):

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

$\bar{t}(1m)=1,27s;\ \bar{t}(4m)=0,84s;\ \bar{t}(7m)=1,86s$ (16)

$Akurasi\_BLE(rata\text{-}rata) = (100+90+80)/3 = 90\%$ (17)

Pada jarak 7 meter, standar deviasi waktu koneksi menggunakan persamaan (9) sedikit lebih besar, menandakan fluktuasi sinyal BLE akibat jarak yang semakin jauh. Meskipun demikian, sistem tetap dapat mendeteksi kehilangan koneksi BLE sebagai indikator potensi pencurian—ketika pemilik kendaraan menjauh melampaui batas jangkauan, sistem secara otomatis mengunci relay dan mengaktifkan notifikasi keamanan (Patel & Sharma, 2023). Gambar 5 menampilkan perbandingan performa BLE di ketiga jarak.



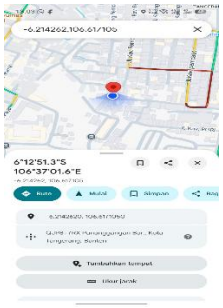
Gambar 5 Performa Koneksi BLE ESP32 pada Berbagai Jarak

(Sumber: Data Primer, 2026)

Pengujian Akurasi GPS dengan Metode Haversine

Tabel 4 menyajikan hasil deviasi GPS pada tiga kondisi lingkungan berdasarkan 10 pengukuran per kondisi menggunakan persamaan (4)–(6).

Gambar 6 Kordinat Modul GPS CJ720 di Lokasi semi terbuka



Gambar 7 koordinat Referensi GPS di Lokasi semi terbuka

Tabel 4 Deviasi Lokasi Modul GPS CJ720 pada Berbagai Kondisi Lingkungan

(Sumber: Data Primer, 2026)

Kondisi Lingkungan	Rata-rata Deviasi (m)	Standar Deviasi (m)	Min (m)	Maks (m)
Terbuka	4,25	1,23	3,02	6,08
Semi-Terbuka	5,45	0,96	4,05	7,02
Tertutup	12,74	1,77	10,04	15,06

Contoh perhitungan Haversine pada lingkungan semi-terbuka (percobaan ke-1):

$\Delta\varphi = 0,000063° \rightarrow 0,0000011$ rad (18)

$\Delta\lambda = 0,000109° \rightarrow 0,0000019$ rad (19)

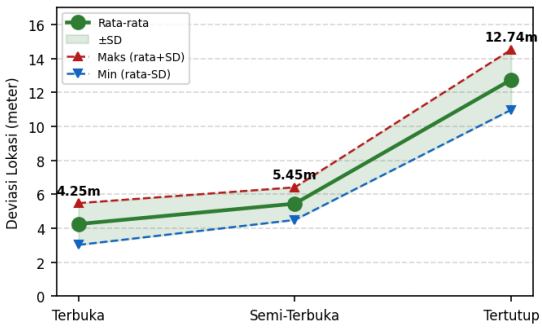
$d \approx 6,08$ meter (20)

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

Rata-rata dan standar deviasi 10 pengukuran menggunakan persamaan (7) dan (9):

$$\bar{x} = 42{,}46/10 = 4{,}25 \text{ m}; \quad SD \approx 1{,}12 \text{ m} \tag{21}$$

Lingkungan terbuka menghasilkan deviasi terkecil (4,25 m), kondisi semi-terbuka mencatatkan deviasi 5,45 m, sementara lingkungan tertutup mengalami peningkatan drastis hingga 12,74 m akibat efek multipath sinyal satelit (Rahul & Sharma, 2022). Dalam konteks pencegahan pencurian, kemampuan *GPS Tracker* melacak kendaraan dengan deviasi rata-rata di bawah 6 meter pada kondisi terbuka dan semi-terbuka sangat signifikan—aparat penegak hukum dapat menemukan lokasi kendaraan curian dalam radius yang akurat untuk tindakan pemulihan (Bhatia & Kaur, 2021). Gambar 8 memvisualisasikan perbandingan deviasi pada ketiga kondisi lingkungan.



Gambar 8 Deviasi Lokasi GPS CJ720 pada Berbagai Kondisi Lingkungan

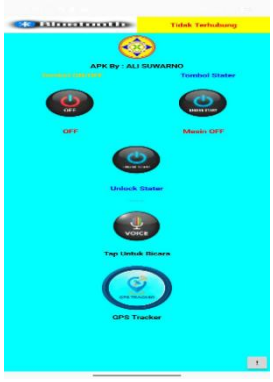
(Sumber: Data Primer, 2026)

Pengujian Fungsional Aplikasi Android

Aplikasi Android berperan sebagai antarmuka pengguna (user interface) sekaligus media kendali aktif sistem keamanan sepeda motor guna mencegah pencurian. Melalui koneksi *Bluetooth Low Energy* (BLE), pemilik kendaraan dapat memantau status sistem, mengaktifkan atau menonaktifkan penguncian kendaraan, memicu starter dari jarak jauh, serta memantau lokasi GPS secara *real-time* untuk mendeteksi dini potensi pencurian (Aryatama & Samsugi, 2024; Rahmadewi & Assubhi, 2024).

Implementasi Aplikasi Android Berbasis MIT App Inventor

Aplikasi Android pada sistem ini dikembangkan menggunakan platform MIT App Inventor dengan pendekatan visual block programming yang mendukung konsep event-driven programming. Pada metode ini, setiap aksi pengguna seperti menekan tombol atau menerima data melalui Bluetooth akan memicu blok kode tertentu yang secara otomatis menjalankan fungsi yang telah diprogram. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *Human–Computer Interaction* (HCI) yang menekankan pentingnya antarmuka yang intuitif, mudah dipahami, dan responsif sehingga pengguna dapat mengoperasikan aplikasi dengan lebih efektif (Norman, 2020; Pandey et al., 2024).



Gambar 9 Tampilan Aplikasi Android

Arsitektur aplikasi menggunakan konsep *client–server* berbasis *Bluetooth*, di

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

mana aplikasi Android berperan sebagai *client* yang mengirimkan perintah berupa teks serial seperti “A”, “B”, “C”, atau “D” melalui komponen *BluetoothClient.SendText*, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai *server* yang menerjemahkan perintah tersebut menjadi sinyal kontrol untuk mengaktifkan relay dan *buzzer*. Antarmuka aplikasi dirancang dalam satu halaman utama (*Main Screen*) yang berisi tombol Koneksi Bluetooth, *Activate/Deactivate System*, Starter/Mesin, *Unlock Starter*, *GPS Tracker*, dan *Voice Command*, sehingga memudahkan pengoperasian sekaligus meminimalkan penggunaan memori perangkat serta memastikan komunikasi data memiliki latensi rendah dan konsumsi daya yang efisien (Norman, 2020; El-Khozondar et al., 2024).

Pengujian Waktu Respons dan Akurasi Perintah Kendali

Pengujian pengiriman perintah dilakukan untuk mengukur waktu respons (*response time*) dan akurasi eksekusi ketika aplikasi Android mengirimkan instruksi ke ESP32 melalui BLE. Empat perintah diuji masing-masing sebanyak 10 percobaan dalam kondisi koneksi stabil pada jarak 1 meter (Aryatama & Samsugi, 2024).

Tabel 5 Waktu Respons dan Akurasi Perintah Kendali Sistem via Aplikasi Android

(Sumber: Data Primer, 2026)

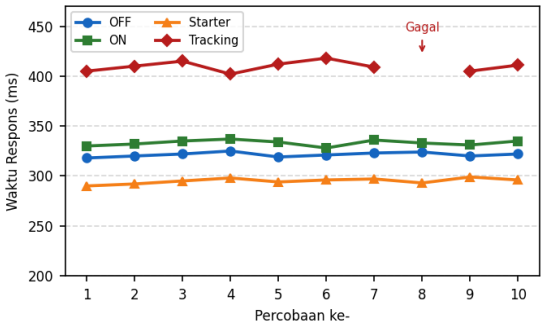
Percobaan	OFF (ms)	Sts	ON (ms)	Sts
1	318	✓	330	✓
2	320	✓	332	✓
3	322	✓	335	✓
4	325	✓	337	✓
5	319	✓	334	✓
6	321	✓	328	✓
7	323	✓	336	✓
8	324	✓	333	✓
9	320	✓	331	✓
10	322	✓	335	✓
Rata-rata	**321,4**	**100%**	**333,1**	**100%**

Tabel 6 Waktu Respons dan Akurasi Perintah Kendali Sistem via Aplikasi Android

Percobaan	Starter (ms)	Sts	Tracking (ms)	Sts
1	290	✓	405	✓
2	292	✓	410	✓
3	295	✓	415	✓
4	298	✓	402	✓
5	294	✓	412	✓
6	296	✓	418	✓
7	297	✓	409	✓
8	293	✓	—	✗
9	299	✓	405	✓
10	296	✓	411	✓
Rata-rata	**295**	**100%**	**368,7**	**90%**

Tabel 5 & 6 menyajikan data waktu respons dan status setiap percobaan untuk keempat perintah kendali. Gambar 10 memvisualisasikan tren waktu respons sepanjang 10 percobaan untuk setiap perintah.

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595



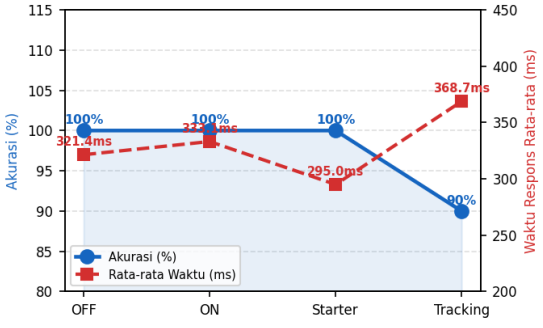
Gambar 10 Waktu Respons Sistem per Perintah Kendali pada 10 Percobaan

(Sumber: Data Primer, 2026)

Rata-rata waktu respons masing-masing perintah menggunakan persamaan (7):

$$\bar{t}\_tracking = (405+410+415+402+412+418+409+405+411)/9 = 368{,}7\ ms \quad (28)$$

Perbandingan akurasi dan rata-rata waktu respons keempat perintah disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11 Perbandingan Akurasi dan Waktu Respons Rata-rata per Perintah Kendali

(Sumber: Data Primer, 2026)

Secara keseluruhan, aplikasi Android berbasis MIT App Inventor berhasil berfungsi sebagai lapisan pertahanan aktif dalam mencegah pencurian sepeda motor. Seluruh perintah utama (OFF, ON, Starter) memiliki akurasi 100% dengan waktu respons rata-rata di bawah 350 ms, memungkinkan pemilik merespons ancaman pencurian secara *real-time* (Zhang et al., 2025). Perintah Tracking mencapai akurasi 90%, sedikit lebih rendah akibat gangguan sinyal sementara pada percobaan ke-8, namun tetap efektif untuk mendukung pelacakan lokasi kendaraan yang mungkin dicuri (Patel & Sharma, 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem keamanan sepeda motor berbasis *fingerprint*, aplikasi Android, dan *GPS Tracker* pada mikrokontroler ESP32 guna mencegah pencurian, diperoleh simpulan sebagai berikut. Pertama, sistem berhasil mencegah seluruh upaya akses tidak sah yang diuji, dibuktikan oleh nilai FAR = 0% dan FRR = 0% pada sensor *fingerprint* R503 dengan akurasi autentikasi 100% dan waktu respons rata-rata 0,95 detik (persamaan 7 dan 14). Kedua, koneksi BLE antara aplikasi Android dan ESP32 stabil hingga jarak 7 meter dengan rata-rata keberhasilan 90%, dan seluruh perintah kendali utama (OFF, ON, Starter) tereksekusi dengan akurasi 100% serta waktu respons di bawah 350 ms. Ketiga, *GPS Tracker* CJ720 mampu melacak lokasi kendaraan secara *real-time* dengan deviasi rata-rata 4,25 meter (SD = 1,12 m) pada lingkungan semi-terbuka berdasarkan perhitungan formula Haversine (persamaan 4–6), sehingga lokasi kendaraan yang dicuri dapat diidentifikasi secara akurat. Secara keseluruhan, integrasi ESP32, *fingerprint*, *GPS Tracker*, dan aplikasi Android terbukti membentuk sistem keamanan berlapis yang efektif mencegah pencurian sepeda motor dan layak dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan enkripsi data *end-to-end*, notifikasi push berbasis *cloud*, serta optimasi akurasi GPS di lingkungan tertutup.

UCAPAN TERIMAKASIH

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang atas dukungan fasilitas laboratorium, serta kepada Bapak Ojak Abdul Rozak atas bimbingan selama proses penelitian serta Ita Lestari istri tercinta yang selalu memberikan support dalam bentuk moril dan materil.

DAFTAR PUSTAKA

Aryatama, F. A., & Samsugi, S. (2024). Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor dengan ESP32 Menggunakan Kontrol Android. *SMATIKA JURNAL*. https://jurnal.stiki.ac.id/SMATIKA/article/download/1267/768

Costa, D. G., Assis, F., & Silva, I. (2024). Internet of Intelligent Things. *Internet of Things*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660524000945

El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., & Qasem, O. I. (2024). Smart energy monitoring using ESP32. *E-Prime*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772671124002468

Jain, A., & al., et. (2022). A Review on Fingerprint Recognition: Techniques, Sensors, and Applications. *International Journal of Engineering Research & Technology*, *11*(4), 56–62. https://www.ijert.org/research/biometric-fingerprint-recognition-technology-IJERTV9IS100149.pdf

Jain, A. K., & Ross, A. (2021). *Introduction to Biometrics: Theory, Algorithms, and Systems*. Springer.

Jain, A. K., Ross, A., & Nandakumar, K. (2020). Biometric System Performance Metrics: Revisiting the Standards. *IEEE Transactions on Biometrics*, *12*, 233–245.

Kaplan, E. D., Hegarty, C., Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2017). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Artech House.

Kim, S.-H., Lee, J.-W., & Park, M.-S. (2021). Quantitative Research Methods in Technology Acceptance: A Comprehensive Review. *Computers in Human Behavior*, *118*, 106689. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106689

Kumar, R., & Sinha, A. (2021). Perceived Usefulness and Accuracy in IoT-based Security Systems. *Computers & Security*, *103*. https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102142

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (7th Editio). Pearson.

Lee, K., Kim, D., & Cho, Y. (2021). Intelligent vehicle security system based on IoT technology. *Sensors*, *21*(2), 456. https://doi.org/10.3390/s21020456

Natassja Yvonne, G. (2025). The Strategic Role of Community Policing and Motorcycle Theft Prevention in Indonesia Font. *Jurnal Ilmu Kepolisian*, *19*(2), 59–66. https://doi.org/10.35879/jik.v19i2.631

Norman, D. (2020). The Design of Everyday Things: Human-Centered Systems. *MIT Press Journal of Interaction Design*.

Pandey, N., Bhardwaj, L., & Meena, A. K. (2024). Developing Timer System as an Energy-Efficient Solution. *IEEE Conference on System Integration*. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10882281/

Patel, K., & Sharma, M. (2023). Speed Control of DC Motor using Arduino and PWM. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, *12*(1), 18–22. https://www.ijert.org/research/speed-control-of-dc-motor-using-arduino-and-pwm-IJERTV12IS010059.pdf

Polres Metro Tangerang. (2022). *Laporan kriminalitas tahunan*. Humas Polrestro.

EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)
Teknik Elektro – Universitas Pamulang
Vol. 8, No. 2, Bulan Desember, Tahun 2025, Hal 387 – 398
http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/jit
DOI: 10.32493/epic.v8i2.58673
pISSN 2615-0646
eISSN 2614-8595

Prakash, S., & Jha, P. (2020). Comparative study of traditional and modern vehicle security systems. *International Journal of Automotive Technology and Management*, *20*(3), 212–226. https://doi.org/10.1504/IJATM.2020.10031623

Rahmadewi, R., & Assubhi, M. H. (2024). Perancangan Sistem Kendali pada Sistem Keamanan Sepeda Motor dengan Mikrokontroler ESP32. *Aisyah Journal of Informatics*. https://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE/article/download/168/120

Zhao, X., Wang, H., & Liu, Z. (2023). Vehicle theft prevention through deep-learning-based biometric authentication. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *24*(1), 109–118. https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3145593