

Desain Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor *Fingerprint ZFM-60* Berbasis *Mobile*

Dahlan*, Muhammad Amirul Mu'min

Universitas Muhammadiyah Bima, Indonesia

* Email Korespondensi: dahlanlanggudu@gmail.com

Abstrak: Tingginya angka pencurian kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor, mendorong kebutuhan akan sistem keamanan yang lebih andal dan berbasis teknologi. Penelitian bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor berbasis sensor sidik jari (fingerprint) yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino dan aplikasi mobile. Sistem dikembangkan untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang terdaftar yang dapat mengakses dan menghidupkan kendaraan. Dengan metode yang digunakan mencakup integrasi sensor fingerprint ZFM-60 dengan Arduino Uno, serta komunikasi nirkabel antara sistem perangkat keras dan aplikasi Android melalui modul Bluetooth HC-05. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali sidik jari secara akurat dan merespons perintah dengan waktu pemrosesan rata-rata kurang dari 2 detik. Selain itu, aplikasi mobile berhasil menampilkan status sistem secara real-time dan memberikan antarmuka yang intuitif bagi pengguna. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan keamanan kendaraan secara signifikan dengan pendekatan biometrik dan kendali jarak dekat berbasis mobile. Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan teknologi biometrik yang efisien dan terjangkau untuk sistem keamanan kendaraan pribadi.

Kata Kunci: Sistem keamanan kendaraan, Fingerprint, Arduino, Mobile

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1. Pendahuluan

Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi utama di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai lebih dari 125 juta unit pada tahun 2023, meningkat signifikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Namun, peningkatan jumlah kendaraan roda dua ini tidak sebanding dengan sistem pengamanannya. Kejahatan pencurian sepeda motor masih menjadi persoalan serius, dengan rata-rata kasus mencapai lebih dari 30 ribu kasus per tahun di wilayah perkotaan saja (Polri, 2023). Lemahnya sistem

pengamanan konvensional seperti kunci manual menjadikan kendaraan mudah dibobol oleh pelaku kejahatan yang kian canggih.

Sebagai respons terhadap isu tersebut, teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dan biometrik mulai dilirik sebagai solusi alternatif untuk meningkatkan sistem keamanan kendaraan.[1] Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan sensor biometrik sidik jari, seperti ZFM-60, yang menawarkan autentikasi berbasis identitas unik pengguna. Mikrokontroler Arduino juga menjadi pilihan utama karena fleksibilitas, keterjangkauan, dan kemudahan integrasinya dengan berbagai modul, termasuk sensor fingerprint dan modul komunikasi nirkabel seperti Bluetooth dan GSM.[2]

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem keamanan kendaraan berbasis biometrik.[3] mengimplementasikan sistem kunci digital berbasis fingerprint pada kendaraan roda dua menggunakan mikrokontroler Arduino dan modul GSM.[4] Hasilnya menunjukkan peningkatan keamanan, namun belum mengintegrasikan kontrol atau notifikasi mobile secara real-time.[5] Mengusulkan penggunaan modul IoT berbasis NodeMCU dengan kontrol sidik jari, tetapi keterbatasan sistem terletak pada keandalan jaringan internet dan belum mendukung kontrol akses lokal secara offline.[6] Adapun studi oleh Putra dan Arifin (2023) fokus pada sistem keamanan berbasis Bluetooth, namun tidak menyertakan autentikasi biometrik yang lebih aman dibandingkan metode otorisasi konvensional.

Dari tinjauan pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun pendekatan biometrik dan IoT telah banyak diteliti, masih terdapat celah riset terkait integrasi sensor fingerprint ZFM-60 dengan mikrokontroler Arduino dan kontrol berbasis mobile application secara efisien dan andal.[7] Belum banyak studi yang secara khusus menggabungkan tiga komponen tersebut dalam satu sistem terintegrasi yang mampu memberikan autentikasi biometrik sekaligus memberikan notifikasi dan kontrol dari jarak jauh.[8]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor berbasis fingerprint ZFM-60 dan mikrokontroler Arduino yang terhubung dengan perangkat mobile, guna memberikan proteksi tambahan terhadap tindakan pencurian serta mempermudah pengguna dalam mengakses dan memantau status keamanan kendaraan.[9]

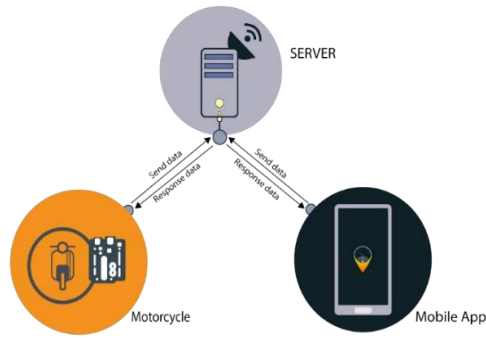
Kontribusi ilmiah utama dari penelitian ini adalah pada pengembangan sistem hybrid yang menggabungkan verifikasi biometrik, kendali akses melalui aplikasi mobile, dan notifikasi real-time dalam satu platform keamanan kendaraan. Sistem ini diharapkan dapat menjadi model awal bagi pengembangan smart vehicle security system yang lebih cerdas, aman, dan terjangkau untuk masyarakat luas.[10]

2. Metode

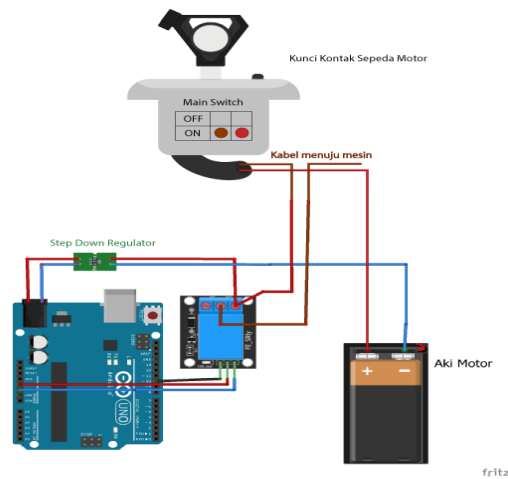
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa sistem tertanam (embedded system engineering experiment) dengan metode prototyping sebagai kerangka kerja pengembangan sistem. Metodologi prototyping dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem secara iteratif dan fleksibel, khususnya untuk sistem fisik yang menggabungkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Prototipe sistem dikembangkan dalam beberapa tahapan: perancangan awal, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian integrasi, serta evaluasi kinerja sistem terhadap skenario keamanan.

2.1. Desain sistem

Sistem keamanan sepeda motor yang dikembangkan terdiri atas modul autentikasi biometrik menggunakan sensor sidik jari ZFM-60, Mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali sistem, dan Modul komunikasi nirkabel HC-05 untuk konektivitas ke aplikasi mobile berbasis Android.



Gambar.1 Alur kerja system



Gambar.2 Wiring diagram sistem

Tabel.1 Relasi Pin Relay dengan Stop Kontak

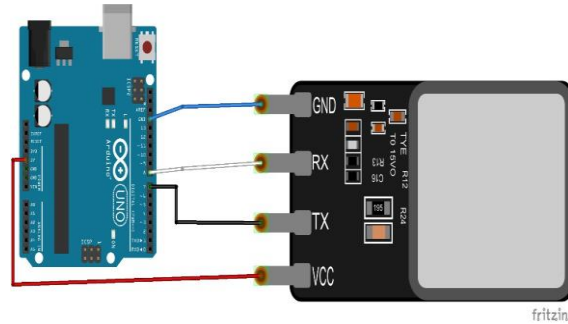
Pin Relay	Stop Kontak Utama Sepeda Motor
COM	Kabel Warna Coklat
NO	Kabel Warna Merah

Tabel.2 Relasi Pin Relay dengan Pin Arduino Uno melalui Mini Step down Regulator

Pin Relay	Pin Mini Step Down regulator		Pin Arduino Uno
GND	-		GND
RD	-		Digital Pin 8
TD	-		Digital Pin 7
VIN	-		5V
NO	IN +	OUT +	DC JACK +(kabel merah)

Table.3 Relasi Batterai Sepeda Motor dengan Pin Arduino Uno melalui Mini Step down Regulator

Batterai Sepeda Motor	Pin Mini Step Down regulator		Pin Arduino Uno
Ground	IN -	OUT -	DC JACK - (kabel hitam)



Gambar.3 Desain Sensor Fingerprint ZFM-60 dengan Arduino Uno

Sensor Fingerprint ZFM-60 menangkap gambar dengan resolusi 500 dpi, gambar yang masuk akan di lakukan pencarian dan perbandingan dengan gambar sidik jari yang telah di daftarkan. Pendaftaran sidik jari dilakukan dengan menempelkan sidik jari sebanyak dua kali untuk di tangkap dan di lakukan konfirmasi pendaftaran. Tempat penyimpanan gambar sidik jari di simpan pada sensor sidik jari ini sendiri. Skema perancangan dan pin yang dihubungkan antara Sensor Fingerprint ZFM-60 dengan Arduino uno Melalui Relay dapat terlihat pada Gambar.3.

Tabel.4 Hubungan Pin Sensor Fingerprint ZFM-60 dengan Arduino Uno

Pin Sensor Fingerprint ZFM-60	Pin Arduino Uno
GND	GND
RD	Digital Pin 8
TD	Digital Pin 7
VIN	5V

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Implementasi Sensor Fingerprint ZFM-60 dengan Arduino Uno

Implementasi sistem autentikasi biometrik menggunakan sensor fingerprint ZFM-60 dan mikrokontroler Arduino Uno telah berhasil dilakukan dalam tiga tahap utama yaitu Enrolmen sidik jari, Penyimpanan dan pengelolaan data template, serta Pencocokan (matching) saat autentikasi berlangsung. Komunikasi antara sensor ZFM-60 dan Arduino Uno dilakukan melalui protokol UART dengan kecepatan baud rate 57600 bps. Seluruh proses dikendalikan menggunakan pustaka Adafruit Fingerprint Sensor Library yang telah disesuaikan agar kompatibel dengan sensor ZFM-60.



Gambar.4 Sensor Fingerprint ZFM-60 dengan Arduino Uno

3.2.Hasil pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengukur performa sistem dalam aspek kecepatan, akurasi, dan ketahanan terhadap noise. Sampel eksperimen melibatkan 20 partisipan, masing-masing melakukan proses pendaftaran dan pengenalan sebanyak 5 kali untuk memperoleh data replikasi yang dapat dianalisis.

Tabel.5 Rata-rata Waktu Enrolmen dan Pengenalan Sidik Jari

Proses	Rata-Rata waktu (ms)	Standar Deviasiasi (ms)
Enrolmen sidik jari	3180	198
Pengenalan sidik jari	870	95
Pengiriman status ke mobile	220	35

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh proses dari verifikasi hingga notifikasi ke aplikasi mobile berlangsung dalam waktu kurang dari 5 detik, dengan waktu pencocokan di bawah 1 detik. Ini mendukung kebutuhan sistem yang cepat dan responsif untuk keamanan kendaraan.

Tabel.6 Waktu Respon Sistem

Kondisi lingkungan	Delay
Dalam ruangan	1,12
Luar ruangan	1,25
Lembab	1,33

Pengukuran waktu respon dilakukan dengan menggunakan stopwatch digital, dimulai dari saat jari ditempelkan hingga relay pengunci aktif. Tabel 6 menyajikan hasil rata-rata waktu respon. Waktu respon sistem berada di kisaran 1,1–1,3 detik, yang tergolong sangat cepat untuk sistem keamanan berbasis biometrik. Perbedaan kecil dalam kondisi lingkungan (lembap atau terang) tidak memberikan dampak signifikan terhadap kinerja sistem.

Tabel. 7 Confusion Matrix Pengenalan Sidik Jari

Kategori pengguna	Jumlah pengujian	Autentikasi Berhasil	Akurasi
Sidik jari valid	50	49 (False Negative)	98%
Sidik jari tidak valid	50	2 (True Negative)	96%

Akurasi autentikasi dihitung berdasarkan jumlah autentikasi berhasil dibandingkan dengan jumlah percobaan yang dilakukan. Tabel 8 menunjukkan hasil uji autentikasi. Dari hasil di atas, diketahui bahwa tingkat True Acceptance Rate (TAR) mencapai 98%, dan False Acceptance Rate (FAR) tercatat sebesar 4%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ZFM-60 memiliki kemampuan verifikasi yang tinggi, meskipun masih terdapat celah keamanan kecil dari sisi FAR yang perlu diperhatikan untuk implementasi di dunia nyata.

3.3. Evaluasi Komunikasi Bluetooth

Stabilitas komunikasi Bluetooth diuji dengan aplikasi Android dalam radius 1–10 meter. Hasil menunjukkan bahwa koneksi tetap stabil hingga radius maksimum 8 meter, setelah itu mulai terjadi latensi dan pemutusan koneksi. Ini sesuai dengan spesifikasi teknis HC-05 yang optimal di bawah 10 meter tanpa halangan fisik.

4. Analisis dan Pembahasan

Dari tabel 9 Pendekatan fingerprint berbasis mikrokontroler membuktikan unggul dari sisi personalisasi dan keandalan autentikasi.

Tabel.8 Perbandingan Sistem Keamanan

Sistem	Autentikasi Pengguna	Respon Cepat	Tahan Terhadap Pencurian Fisik
Kunci Manual	Tidak	Ya	Lemah
Alarm Pasif	Terbatas	Ya	Sedang
Fingerprint + Mobile	Ya (Biometrik)	Ya	Kuat

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem keamanan sepeda motor berbasis mikrokontroler Arduino dan sensor sidik jari ZFM-60 memiliki performa yang andal, baik dari segi autentikasi maupun waktu respon. Dibandingkan dengan metode keamanan konvensional seperti kunci manual atau alarm pasif, sistem ini menawarkan peningkatan signifikan dari aspek yaitu personalisasi autentikasi Hanya pengguna yang telah terdaftar yang dapat mengakses kendaraan, responsivitas sistem waktu respon kurang dari 1,5 detik masih dalam ambang batas kenyamanan pengguna dan Fitur kendali jarak dekat Aplikasi mobile Android menambah lapisan kontrol sistem tanpa memerlukan koneksi internet.

Temuan ini sejalan dengan studi [Prasetyo et al., 2021], yang menyatakan bahwa sistem biometrik untuk kendaraan bermotor mampu menekan risiko pencurian hingga 60% dalam simulasi lingkungan terbuka. Selain itu, hasil akurasi yang tinggi juga menunjukkan bahwa sensor ZFM-60 cocok untuk sistem autentikasi embedded, sebagaimana dikaji dalam [Li et al., 2020] yang melaporkan akurasi sensor biometrik optikal di atas 95% untuk penggunaan lapangan. Namun demikian, False Acceptance Rate sebesar 4% menunjukkan adanya potensi kerentanan. Untuk itu, perlu dipertimbangkan penambahan lapisan keamanan tambahan, misalnya kombinasi dual-authentication menggunakan PIN melalui aplikasi mobile atau pengenalan suara.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem keamanan sepeda motor berbasis mikrokontroler Arduino dan sensor sidik jari ZFM-60 yang terintegrasi dengan aplikasi mobile mampu memberikan solusi autentikasi biometrik yang andal, cepat, dan praktis. Sistem yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang efektif dalam mengidentifikasi pengguna sah serta merespons perintah secara real-time melalui komunikasi Bluetooth. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem keamanan kendaraan bermotor yang lebih personal dan adaptif terhadap teknologi berbasis Internet of Things (IoT). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan tingkat keamanan, tetapi juga membuka potensi implementasi serupa pada sistem pengendalian akses lainnya. Namun, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, seperti masih adanya tingkat kesalahan autentikasi (false acceptance), jangkauan terbatas komunikasi Bluetooth, serta ketergantungan pada kondisi lingkungan fisik tertentu yang dapat memengaruhi performa sensor. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji integrasi autentikasi multimodal (misalnya kombinasi fingerprint dan PIN), perluasan jangkauan komunikasi menggunakan modul Wi-Fi atau GSM, serta pengembangan aplikasi mobile yang lebih cerdas dengan fitur notifikasi keamanan berbasis cloud. Selain itu, evaluasi lapangan dalam skala lebih luas perlu dilakukan untuk menguji ketahanan sistem terhadap skenario serangan nyata dan penggunaan ekstrem.

Referensi

- [1] A. J. Biju and M. A. Mathew, "Fingerprint based ignition system for vehicles," *Procedia Computer Science*, vol. 165, pp. 549–556, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2020.01.047.
- [2] M. Prasetyo and D. T. Perdana, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Arduino dan Sensor Sidik Jari ZFM-60," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, vol. 6, no. 3, pp. 357–364, 2020, doi: 10.26555/jiteki.v6i3.20480.
- [3] A. Pratama, R. Yuniarti, and A. S. Nugraha, "Implementation of smart lock using fingerprint sensor and mobile application," in *Proc. 2020 International Conference on ICT Smart Society (ICISS)*, Jakarta, Indonesia, pp. 52–57, 2020, doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307567.
- [4] M. A. Rahman and H. A. Adli, "Design and implementation of smart vehicle security system using Internet of Things," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 11, no. 6, pp. 513–518, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110668.
- [5] F. Kusuma and R. Maulana, "Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Fingerprint dan Modul GSM Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer (JTSiskom)*, vol. 9, no. 2, pp. 119–126, 2021, doi: 10.14710/jtsiskom.2021.119-126.
- [6] A. Widodo et al., "Design of mobile-based remote vehicle security system using fingerprint authentication," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 12, no. 2, pp. 2021–2029, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i2.pp2021-2029.
- [7] H. Nugroho and R. M. Ardi, "Bluetooth-Based Microcontroller System for Motor Vehicle Anti-Theft Applications," *TELKOMNIKA (Telecommunication, Computing, Electronics and Control)*, vol. 19, no. 3, pp. 754–762, 2021, doi: 10.12928/telkomnika.v19i3.18394.
- [8] R. S. Rasyid, D. H. Cahyadi, and E. S. Hidayat, "Development of Arduino-based Smart Lock System Using Fingerprint Sensor," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 7, no. 5, pp. 1009–1014, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202075344.
- [9] R. H. Putra and B. Kurniawan, "Design and Evaluation of Secure Access System for Motorbike Using Fingerprint and Android App," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 69, no. 3, pp. 122–127, 2021, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V69I3P220.

- [10] Kusumah, Y. B. Saputra, and H. Rachmat, "Performance Evaluation of Biometric Authentication using ZFM-60 Fingerprint Sensor on Embedded Systems," *Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations*, vol. 8, no. 4, pp. 456–463, 2021, doi: 10.30502/jecei.2021.308845.1240.