

**AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT
DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA
MOTOR BERBASIS IOT**

SKRIPSI

**DISUSUN OLEH
M. WIRIAWAN NASUTION
2109020136**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

**AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT
DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA
MOTOR BERBASIS IOT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

M. WIRIAWAN NASUTION

NPM. 2109020136

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN
FINGERPRINT DAN VOICE RECOGNITION PADA
KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT

Nama Mahasiswa : M. Wiriawan Nasution

NPM : 2109020136

Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mahardika Prawira Tanjung, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 0117088902

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Juni 2025

Yang Membuat Pernyataan



M. Wiriawan Nasution

NPM. 2109020136

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Wiriawan Nasution
NPM : 2109020136
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT
DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA MOTOR
BERBASIS IOT**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Juni 2025

Yang membuat pernyataan



M. Wiriawan Nasution

NPM. 2109020136

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : M. Wiriawan Nasution
Tempat dan Tanggal Lahir : Kisaran, 4 Mei 2003
Alamat Rumah : Dusun V Bangun Rejo, Desa Pulo
Dogom, Kec. Kualuh Hulu, Kab.
Labuhan Batu Utara
Telepon/HP : 0822 7549 4370
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: MIS ISLAMIYAH LONDUT	TAMAT:2015
SMP	: YP. SULTAN HASANUDDIN	TAMAT:2018
SMA	: SMAN 1 KISARAN	TAMAT:2021

KATA PENGANTAR



Pendahuluan

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun skripsi.
4. Bapak Mhd Basri, S.Si., M.Kom, selaku Sekretaris Program Studi.
5. Bapak Mahardika Abdi Prawira, S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penelitian skripsi ini.
6. Orang Tua penulis, Ibunda Tri Indrayani dan Ayahanda Zulkarnain Nasution yang sudah memberikan doa dan dukungan baik secara material maupun non material.

Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT

ABSTRAK

Isu keamanan sepeda motor semakin mendapat perhatian seiring dengan meningkatnya tindak pencurian kendaraan bermotor. Penelitian ini diarahkan untuk merancang serta mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda dengan menggabungkan teknologi sidik jari dan pengenalan suara. Sistem ini turut didukung oleh pemanfaatan Internet of Things (IoT) guna meningkatkan efektivitas dan efisiensinya. Rancangan yang dikembangkan menggunakan sensor sidik jari sebagai identifikasi utama pemilik kendaraan, sedangkan pengenalan suara berfungsi sebagai mekanisme verifikasi tambahan. Hasil autentikasi dari kedua modul diproses dan ditransmisikan melalui jaringan IoT, sehingga pemilik dapat memantau sekaligus mengendalikan keamanan kendaraannya secara real-time melalui Node Red.

Kata Kunci : Keamanan sepeda motor, autentikasi ganda, sidik jari, pengenalan suara, Internet of Things (IoT).

AUTENTIKASI GANDA MENGGUNAKAN FINGERPRINT
DAN VOICE RECOGNITION PADA KEAMANAN SEPEDA
MOTOR BERBASIS IOT

ABSTRACT

The issue of motorbike safety is increasingly receiving attention along with the increase in motor vehicle theft. This research is directed at designing and implementing a dual authentication-based motorcycle security system by combining fingerprint and voice recognition technology. This system is also supported by the use of the Internet of Things (IoT) to increase its effectiveness and efficiency. The developed design uses a fingerprint sensor as the primary identification of the vehicle owner, while voice recognition functions as an additional verification mechanism. Authentication results from both modules are processed and transmitted via the IoT network, so owners can monitor and control the security of their vehicles in real-time via Node Red.

Keywords : Motorcycle security, double authentication, fingerprint, voice recognition, Internet of Things (IoT).

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II	6
LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Internet Of Things (IOT).....	6
2.2 Sistem Monitoring.....	6
2.3 Modul ESP32	7
2.2.1 Spesifikasi ESP32.....	7
2.3.2 Klasifikasi Pin GPIO ESP 32	10
2.3.3 Fitur ESP 32	12
2.4 Modul Sensor Sidik Jari R307.....	12
2.4.1 Spesifikasi Modul sensor sidik jari R307	14
2.5 Modul V3	14
2.5.1 Spesifikasi Voice Recognition V3.....	15
2.6 Stepdown LM4015.....	15
2.7 Relay	16

2.8	Arduino Nano	17
2.9	Arduino IDE	17
BAB III.....		18
METODOLOGI PENELITIAN.....		18
3.1	Tempat dan Jadwal Penelitian	18
3.1.1	Tempat Penelitian.....	18
3.2.1	Jadwal Penelitian.....	18
3.2	Jenis Penelitian	18
3.3	Studi Literatur	19
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	21
3.4.1	Alat Penelitian	21
3.4.2	Bahan Penelitian.....	21
3.5	Tahapan Penelitian	22
3.5.1	Analisis Kebutuhan Sistem	22
3.5.2	Perancangan Sistem.....	23
3.5.3	Perancangan Komponen Circuit.....	28
3.5.4	Pengujian Sistem.....	29
3.6.	Pengolahan dan Analisis Data	31
BAB IV		33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Hasil Implementasi Sistem.....	33
4.1.1	Prototipe Alat	33
4.1.2	Fungsi Sistem.....	36
1.	Autentikasi Ganda Pengguna.....	36
4.2	Hasil Pengujian Sistem.....	37
4.2.1	Pengujian Sensor Sidik Jari	37
4.2.2	Pengujian Sensor Pengenalan Suara	38
4.2.3	Pengujian Aktivasi Relay (Sistem Output).....	40
4.2.4	Pengujian Komunikasi IoT melalui MQTT.....	40
4.3	Pembahasan.....	41
BAB V.....		42
KESIMPULAN DAN SARAN.....		42

5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA		43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggunaan Pin NodeMCU ESP 32	9
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Sidik Jari R307.....	14
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	18
Tabel 3.2 Studi Literatur dari Penelitian Sebelumnya.....	21
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Sidik Jari.....	38
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengenalan Suara.....	39
Tabel 4.3 Hasil Aktivitas Relay Berdasarkan Autentikasi	40
Tabel 4.4 Hasil Pengujian MQTT	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 NodeMCU ESP32	8
Gambar 2.2 Sensor FingerPrint R307.....	13
Gambar 2.3 Voice Recognition V3	15
Gambar 2.4 Stepdown LM4015	16
Gambar 2.5 Relay.....	17
Gambar 2.6 Arduino Nano	17
Gambar 2.7 Arduino IDE	18
Gambar 3.1 Flowchart Perancangan Sistem.....	24
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Alat.....	26
Gambar 3.3 Komponen Circuit	28
Gambar 4.1 Prototipe Alat.....	34
Gambar 4.2 Koneksi Autentikasi Ganda.....	35
Gambar 4.3 Koneksi Aktif Autentikasi Ganda	35
Gambar 4.4 Tampilan Node-Red Fingerprint.....	37
Gambar 4.5 Tampilan Node-Red Voice Recognition	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sepeda motor menjadi salah satu sarana transportasi yang paling banyak digunakan di dunia, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 mencatat bahwa jumlah sepeda motor di Indonesia telah melebihi 120 juta unit dengan rata-rata pertumbuhan sekitar 5% setiap tahunnya (Statistika, 2023). Namun, tingginya jumlah pengguna juga diikuti dengan meningkatnya tindak kejahatan berupa pencurian kendaraan bermotor. Berdasarkan laporan Kepolisian Republik Indonesia (Polri), kasus pencurian sepeda motor mencapai lebih dari 50.000 per tahun, sementara tingkat keberhasilannya dalam penyelesaian masih tergolong rendah (Polri, 2022). Kondisi tersebut menekankan pentingnya pengembangan sistem keamanan yang lebih modern dan efektif guna melindungi aset masyarakat.

Sistem keamanan sepeda motor konvensional, seperti kunci fisik dan alarm, telah terbukti tidak cukup untuk mencegah pencurian yang semakin canggih. Kunci fisik mudah diduplikasi, sementara alarm sering kali diabaikan atau dinonaktifkan oleh pencuri berpengalaman (Prasetyo et al., 2021). Selain itu, sistem keamanan tradisional tidak memberikan lapisan proteksi yang memadai terhadap upaya peretasan atau manipulasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang memanfaatkan teknologi mutakhir untuk meningkatkan keamanan sepeda motor.

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penggunaan sistem autentikasi biometrik, seperti fingerprint (sidik jari) dan voice recognition (pengenalan suara). Teknologi biometrik telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi keamanan, mulai dari smartphone hingga sistem akses Gedung (Ghali et al., 2020). Keunggulan utama biometrik adalah sifatnya yang unik dan sulit untuk diduplikasi, sehingga memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Namun, implementasi biometrik pada sepeda motor masih terbatas dan memerlukan pengembangan lebih lanjut.

Integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dengan sistem autentikasi biometrik dapat menjadi terobosan penting dalam meningkatkan keamanan sepeda motor. IoT memungkinkan sistem keamanan untuk terhubung dengan perangkat lain, seperti smartphone atau cloud server, sehingga memungkinkan pemantauan dan kontrol yang lebih baik (Al-Fuqaha et al., 2015). Misalnya, pemilik sepeda motor dapat menerima notifikasi real-time jika terjadi upaya pencurian atau gangguan pada sistem keamanan. Selain itu, IoT juga memungkinkan pembaruan sistem keamanan secara berkala untuk mengatasi kerentanan baru.

Meskipun potensinya besar, implementasi sistem autentikasi ganda berbasis fingerprint dan voice recognition dengan IoT pada sepeda motor masih menghadapi beberapa tantangan. Pertama, akurasi dan kecepatan sistem biometrik perlu ditingkatkan agar dapat berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi, seperti cuaca buruk atau lingkungan bising. Kedua, integrasi IoT memerlukan infrastruktur jaringan yang stabil dan aman untuk mencegah serangan siber. Ketiga, biaya implementasi sistem ini harus terjangkau agar dapat diadopsi secara luas oleh masyarakat.

Penelitian terdahulu telah menguji berbagai metode keamanan sepeda motor, termasuk penggunaan GPS tracking, sistem alarm cerdas, dan autentikasi biometrik tunggal. Misalnya, penelitian oleh (Indah et al., 2023) mengembangkan sistem keamanan berbasis GPS dan Facedetection, namun sistem ini masih rentan terhadap spoofing dan tidak memberikan lapisan autentikasi yang kuat. Sementara itu, penelitian oleh (Rahman et al., 2023) mengusulkan penggunaan fingerprint recognition, tetapi belum mengintegrasikan teknologi IoT untuk meningkatkan fungsionalitas sistem. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk menggabungkan autentikasi biometrik ganda dengan IoT dalam satu sistem yang komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor yang menggabungkan autentikasi ganda berbasis fingerprint dan voice recognition dengan teknologi IoT. Dengan menggabungkan kedua metode biometrik, sistem ini diharapkan dapat memberikan lapisan keamanan yang lebih kuat dan mengurangi risiko pencurian. Selain itu, integrasi IoT akan

memungkinkan pemantauan dan kontrol yang lebih baik, serta memastikan sistem dapat diperbarui secara berkala untuk mengatasi ancaman baru.

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam bidang keamanan kendaraan bermotor, khususnya dalam penerapan autentikasi biometrik ganda dan IoT. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem keamanan yang lebih canggih di masa depan. Secara praktis, sistem ini dapat membantu mengurangi angka pencurian sepeda motor, meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap keamanan kendaraan mereka, serta mendorong adopsi teknologi IoT dan biometrik dalam kehidupan sehari-hari.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor dengan menggunakan autentikasi ganda berbasis sidik jari dan pengenalan suara yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang guna memperkuat perlindungan kendaraan dengan memastikan bahwa hanya pemilik sah yang memiliki akses terhadap sepeda motor. Lebih lanjut, pemanfaatan IoT memungkinkan pemantauan kondisi kendaraan secara real-time, sehingga pemilik dapat memperoleh notifikasi apabila terjadi percobaan pencurian atau gangguan terhadap sistem keamanan. Dengan pendekatan ini, diharapkan risiko pencurian dapat diminimalisasi serta sistem keamanan dapat diperbarui secara berkesinambungan untuk menghadapi ancaman yang mungkin muncul di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, sehingga dapat diambil rumusan masalah dari riset ini, yaitu mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda yang dapat meningkatkan proteksi kendaraan, mengurangi risiko pencurian, serta memastikan sistem tetap diperbarui untuk menghadapi potensi ancaman baru melalui teknologi IoT. Dalam menghadapi tantangan ini, diperlukan sistem keamanan yang lebih canggih dengan penerapan autentikasi ganda berbasis sidik jari dan pengenalan suara, yang dapat memastikan hanya pemilik sah yang dapat mengakses kendaraan. Namun penerapan teknologi ini masih menghadapi beberapa kendala, seperti keakuratan dan kecepatan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan serta integrasi dengan

Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan pemantauan status kendaraan secara real-time.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka terdapat batasan masalah seperti berikut:

1. Sistem ini hanya berfokus pada dua parameter, yaitu pada fingerprint dan voice recognition.
2. Implementasi sistem menggunakan fingerprint hanya dapat menyimpan maksimal 5 sidik jari pengguna dan Pengenalan suara terbatas pada 2 kata perintah dasar yaitu on dan off.
3. Aktivitas pengguna kendaraan sepeda motor dilakukan melalui NodeRed agar mengetahui riwayat kendaraan yang digunakan berdasarkan sensor sidik jari (status motor).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem keamanan sepeda motor yang inovatif melalui penerapan autentikasi ganda dengan menggabungkan teknologi sidik jari (fingerprint) dan pengenalan suara (voice recognition). Penelitian ini juga berfokus pada optimalisasi sistem keamanan melalui integrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pemantauan kondisi kendaraan secara real-time melalui perangkat terhubung. Melalui integrasi tersebut, pemilik kendaraan dapat memperoleh notifikasi serta melakukan kontrol jarak jauh, sehingga perlindungan terhadap tindak pencurian dapat ditingkatkan sekaligus memastikan sistem keamanan mampu diperbarui secara berkala untuk mengantisipasi ancaman baru.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan peneliti dari riset ini yaitu:

1. Manfaat Akademik
 - Menambah referensi dalam bidang keamanan kendaraan berbasis IoT.
 - Menyebarkan wawasan mengenai sistem autentikasi ganda dengan sidik jari dan pengenalan suara.

- Memberikan kontribusi bagi penelitian selanjutnya di bidang keamanan dan biometrik.

2. Manfaat Teknis

- Meningkatkan keamanan sepeda motor dengan teknologi autentikasi ganda.
- Mengurangi risiko pencurian kendaraan dengan metode keamanan yang lebih canggih.
- Membuka pemilik kendaraan untuk mengakses dan mengontrol sistem keamanan secara lebih efisien.

3. Manfaat Sosial

- Memberikan rasa aman bagi pemilik kendaraan karena sistem keamanan yang lebih kuat.
- Meningkatkan kesadaran akan pentingnya keamanan kendaraan menggunakan teknologi modern.
- Mendorong penerapan teknologi berbasis IoT dalam kehidupan sehari-hari.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Internet Of Things (IOT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan berbagai objek fisik terhubung ke internet dan saling berkomunikasi melalui jaringan. Menurut Gupta & Quamara (2019), IoT dapat dipahami sebagai sebuah sistem yang mendukung proses pengumpulan, analisis, serta pengambilan keputusan secara real-time, sehingga sangat relevan untuk diterapkan pada sistem keamanan kendaraan bermotor (Halawi, 2024). Dalam konteks keamanan, IoT berperan penting dalam memantau kondisi kendaraan serta memberikan notifikasi kepada pengguna melalui platform digital. Dengan memanfaatkan berbagai sensor dan perangkat yang terhubung, IoT mampu menyajikan informasi yang akurat dan terkini mengenai status kendaraan, sehingga meningkatkan kemampuan deteksi dan respon terhadap potensi ancaman seperti pencurian.

IoT juga dipandang sebagai sebuah konsep yang bertujuan memperluas manfaat konektivitas internet yang berlangsung secara berkesinambungan. Secara prinsip, IoT mengacu pada objek yang dapat diidentifikasi secara unik dan direpresentasikan dalam bentuk virtual berbasis internet. IoT membentuk jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet, memungkinkan pertukaran data, monitoring, serta pengendalian jarak jauh secara lebih efisien.

2.2 Sistem Monitoring

Sistem monitoring dalam konteks keamanan kendaraan berbasis IoT memainkan peran penting dalam memberikan perlindungan real-time terhadap potensi pencurian. Pemantauan memungkinkan pemilik kendaraan untuk secara terus-menerus mengawasi status sepeda motor mereka melalui perangkat yang terhubung, seperti aplikasi pada smartphone. Dengan integrasi teknologi IoT, sistem ini tidak hanya mendeteksi akses yang tidak sah tetapi juga dapat

memberikan notifikasi langsung kepada pengguna, memungkinkan tindakan cepat untuk mencegah pencurian atau kerusakan kendaraan (Fernandez et al., 2022).

2.3 Modul ESP32

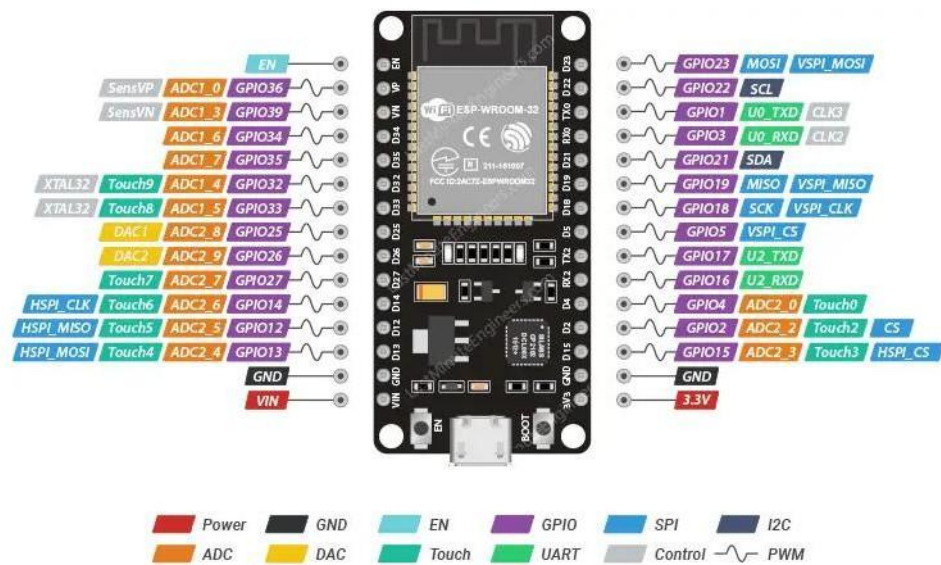
ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang untuk mendukung berbagai aplikasi berbasis Internet of Things (IoT). Mikrokontroler ini dilengkapi dengan prosesor dual-core 32-bit Xtensa LX6 yang memberikan performa tinggi untuk menangani berbagai tugas secara bersamaan. Salah satu fitur unggulan ESP32 adalah dukungan konektivitas nirkabel dual-mode, yaitu Wi-Fi dan Bluetooth. Fitur ini memungkinkan ESP32 untuk terhubung ke jaringan lokal atau perangkat lain, sehingga ideal untuk sistem keamanan yang memerlukan komunikasi jarak jauh atau sinkronisasi dengan aplikasi berbasis cloud.

Dengan kapasitas RAM sebesar 520 KB dan penyimpanan Flash hingga 4 MB, ESP32 cukup fleksibel untuk memproses data dalam jumlah besar, seperti data autentikasi sidik jari atau pengenalan suara. Modul ini juga didukung oleh ekosistem perangkat lunak yang luas, termasuk kompatibilitas dengan Arduino IDE, PlatformIO, dan Micropython, yang mempercepat pengembangan sistem berbasis IoT. Kombinasi fitur-fitur tersebut menjadikan ESP32 pilihan yang sangat baik untuk membangun sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda yang andal dan efisien.

2.2.1 Spesifikasi ESP32

Adapun spesifikasinya dari ESP32 antara lain:

- a. Microprosesor Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6
- b. Freq Clock up to 240 MHz
- c. SRAM 520 kB
- d. Flash memori 4 MB
- e. 11b/g/n WiFi transceiver
- f. Bluetooth 4.2/BLE
- g. 48 pin GPIO
- h. 15 pin channel ADC (Analog to Digital Converter)
- i. 25 pin PWM (Pulse Width Modulation)
- j. 2 pin channel DAC (Digital to Analog Converter)



Gambar 2.1 NodeMCU ESP32

Tabel 2.1 menunjukkan penggunaan pin ESP32 DEVKIT V1. Di mana pin-pin yang digunakan sebagai *input*, *output*, dan pin-pin yang tidak perlu untuk digunakan.

GPIO	Input	Output	Notes
0	Pulled up	OK	Outputs PWM signal boot
1	TX Pin	OK	Debug output at boot
2	OK	OK	Connected to on-board LED
3	OK	RX Pin	High at boot
4	OK	OK	
5	OK	OK	Outputs PWM signal at boot
6	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
7	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
8	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
9	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
10	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
11	×	×	Connected to the integrated SPI Flash
12	OK	OK	
13	OK	OK	Output PWM signal at boot

14	OK	OK	Output PWM signal at boot
15	OK	OK	
16	OK	OK	
17	OK	OK	
18	OK	OK	
19	OK	OK	
20	OK	OK	
21	OK	OK	
22	OK	OK	
23	OK	OK	
24	OK	OK	
25	OK	OK	
26	OK	OK	
27	OK	OK	
28	OK	OK	
29	OK	OK	
30	OK	OK	
31	OK	OK	
32	OK	OK	
33	OK	OK	
34	OK		
35	OK		
36	OK		Input only
37	OK		Input only
38	OK		Input only
39	OK		Input only

Tabel 2.1 Penggunaan Pin NodeMCU ESP 32

2.3.2 Klasifikasi Pin GPIO ESP 32

Pada ESP32, pin GPIO 34 hingga GPIO 39 hanya berfungsi sebagai input. Pin ini tidak dilengkapi dengan resistor internal pull-up maupun pull-down, sehingga tidak dapat digunakan sebagai output. Dengan demikian, GPIO yang hanya bisa digunakan sebagai input adalah:

1. GPIO 34
2. GPIO 35
3. GPIO 36
4. GPIO 39

Sementara itu, pin GPIO 14 hingga GPIO 23 memiliki resistor internal pull-up yang dapat diaktifkan melalui pemrograman. Fitur ini memungkinkan pin digunakan untuk mendukung fungsi input/output (I/O). Adapun pin yang termasuk dalam kategori ini adalah:

5. GPIO 14
6. GPIO 16
7. GPIO 17
8. GPIO 18
9. GPIO 19
10. GPIO 21
11. GPIO 22
12. GPIO 23

Untuk pin GPIO yang tidak memiliki resistor internal pull-up, pengguna dapat menambahkan pull-up eksternal, misalnya dengan menggunakan resistor tambahan. Pin-pin yang memerlukan pull-up eksternal tersebut adalah:

13. GPIO 13
14. GPIO 25
15. GPIO 26
16. GPIO 27
17. GPIO 32

18. GPIO 33

Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan 18 saluran input ADC (Analog to Digital Converter) yang tersebar pada 12 pin GPIO. Pin yang dapat digunakan sebagai ADC adalah:

- 19. ADC1_CH0 → GPIO 36
- 20. ADC1_CH1 → GPIO 37
- 21. ADC1_CH2 → GPIO 38
- 22. ADC1_CH3 → GPIO 39
- 23. ADC1_CH4 → GPIO 32
- 24. ADC1_CH5 → GPIO 33
- 25. ADC1_CH6 → GPIO 34
- 26. ADC1_CH7 → GPIO 35
- 27. ADC2_CH0 → GPIO 4
- 28. ADC2_CH1 → GPIO 0
- 29. ADC2_CH2 → GPIO 2
- 30. ADC2_CH3 → GPIO 15
- 31. ADC2_CH4 → GPIO 13
- 32. ADC2_CH5 → GPIO 12
- 33. ADC2_CH6 → GPIO 14
- 34. ADC2_CH7 → GPIO 27
- 35. ADC2_CH8 → GPIO 25
- 36. ADC2_CH9 → GPIO 26

ESP32 juga memiliki dua saluran DAC (Digital to Analog Converter) dengan resolusi 8 bit, yang dapat mengubah sinyal digital menjadi sinyal tegangan analog. Pin yang berfungsi sebagai DAC adalah:

- 37. DAC1 → GPIO 25
- 38. DAC2 → GPIO 26

Selain itu, ESP32 mendukung komunikasi I2C dengan dua saluran yang dapat diatur sebagai SDA maupun SCL. Pin default I2C pada modul ESP32 DevKit adalah:

39. GPIO 21 (SDA)

40. GPIO 22 (SCL)

2.3.3 Fitur ESP 32

ESP32 memiliki sejumlah fitur utama, di antaranya:

1. Prosesor

- CPU: Xtensa LX6 32-bit dengan konfigurasi dual-core atau single-core, mampu beroperasi pada frekuensi 160 MHz hingga 240 MHz dengan kinerja mencapai 600 DMIPS.
- Co-processor ULP (Ultra Low Power) 16-bit yang dirancang untuk pemrosesan berdaya sangat rendah.

2. Memori

- Dilengkapi dengan 520 KiB SRAM.

3. Konektivitas Nirkabel

- Wi-Fi: mendukung standar 802.11 b/g/n.
- Bluetooth: versi 4.2 BR/EDR serta BLE, berbagi modul radio dengan Wi-Fi.

4. Antarmuka Periferal

- ADC SAR 12-bit dengan hingga 18 kanal.
- DAC dengan 2 kanal beresolusi 8-bit.
- 10 sensor sentuh berbasis GPIO kapasitif.
- 4 antarmuka SPI.
- 2 antarmuka I²S.
- 2 antarmuka I²C.
- 3 port UART.
- Pengendali host untuk SD, SDIO, CE-ATA, MMC, dan eMMC.
- Pengendali slave untuk SDIO/SPI.
- MAC Ethernet dengan dukungan DMA serta protokol IEEE 1588 Precision Time.
- CAN bus 2.0.
- Pengendali inframerah (TX/RX) dengan hingga 8 kanal.

- Pengendali motor PWM.
- LED PWM dengan hingga 16 kanal.
- Sensor efek Hall.
- Pre-amplifier analog ultra-low-power.

2.4 Modul Sensor Sidik Jari R307

Modul sensor sidik jari R307 adalah perangkat biometrik optik yang dirancang untuk menangkap, memproses, dan menyimpan data sidik jari dengan akurasi tinggi. Teknologi optik yang digunakan memungkinkan perangkat untuk menghasilkan citra sidik jari berkualitas tinggi, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah. R307 mendukung dua mode autentikasi utama, yaitu mode 1:1 untuk membandingkan data sidik jari secara langsung dengan satu template, dan mode 1:N yang membandingkan data dengan banyak template yang tersimpan dalam memori. Sensor ini mampu menyimpan hingga 1000 data sidik jari, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan manajemen data pengguna dalam jumlah besar, seperti sistem keamanan atau kontrol akses.



Gambar 2.2 Sensor FingerPrint R307

2.4.1 Spesifikasi Modul sensor sidik jari R307

Adapun spesifikasinya dari sensor sidik jari R307 antara lain:

Model	R307
Jenis	Modul Sidik Jari Optik
Antarmuka	USB, UART (RS232 TTL)
Resolusi	508DPI
Voltase	DC 4.2-6V, atau 3.3V
Kapasitas Sidik Jari	1000
Deretan penginderaan	300000 piksel
Ukuran modul sidik jari	Ukuran 52 x 20 x 22 (mm)
Area pengumpulan yang efektif	Ukuran 11*15 (mm ²)
Kecepatan Pemindaian	< 0,2 detik
Kecepatan Verifikasi	< 0,3 detik
Metode Pencocokan	1:1; 1:Tanggal
FRR	≤0,1%
JAUH	≤0,001%
Lingkungan kerja	-20C ---50C
Kelembaban Kerja	10-85%
Kapasitas anti-statis	Tegangan 15kV
Intensitas ketahanan abrasif	1 juta kali
Kecepatan baud komunikasi (UART):	(9600 × N) bps dimana N = 1 ~ 12 (default N = 6, yaitu 57600bps)

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Sidik Jari R307

2.5 Modul V3

Voice Recognition Module V3 adalah perangkat keras yang dirancang untuk mengenali perintah suara secara langsung dan mengintegrasikan data tersebut ke dalam sistem elektronik. Modul ini mendukung penyimpanan hingga 80 pola perintah suara yang dapat digunakan untuk menjalankan fungsi tertentu dalam aplikasi berbasis IoT. Salah satu keunggulan utama dari modul ini adalah proses pelatihan dan pengenalan suara yang cepat serta kemampuan untuk membedakan suara dalam lingkungan yang beragam, termasuk area dengan tingkat gangguan sedang. Hal ini memungkinkan modul untuk diimplementasikan pada sistem keamanan yang memerlukan autentikasi berbasis suara dengan tingkat akurasi tinggi.



Gambar 2.3 Voice Recognition V3

2.5.1 Spesifikasi Voice Recognition V3

Spesifikasi dari modul Voice Recognition V3 (V3.1) buatan Elechouse adalah sebagai berikut:

- Tegangan operasi: 4,5–5,5 V
- Arus kerja: 40 mA
- Antarmuka digital: level TTL 5V untuk komunikasi UART dan GPIO
- Antarmuka analog: konektor mikrofon mono 3,5 mm serta pin khusus mikrofon
- Akurasi pengenalan: hingga 99% pada kondisi lingkungan ideal
- Kapasitas perintah suara: mendukung hingga 80 perintah suara, masing-masing berdurasi maksimal 1500 ms (setara satu hingga dua kata)

- Jumlah perintah aktif: mampu menjalankan hingga 7 perintah suara secara bersamaan
- Metode kendali: dapat dioperasikan melalui UART maupun GPIO

2.6 Stepdown LM4015

Stepdown LM4015 adalah modul regulator tegangan yang dirancang untuk menurunkan tegangan dari sumber yang lebih tinggi ke level yang lebih rendah, sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik. Dalam konteks sistem keamanan sepeda motor, modul ini sangat penting karena memastikan bahwa semua komponen, seperti ESP32, sensor fingerprint, dan modul voice recognition, mendapatkan pasokan daya yang stabil dan sesuai dengan spesifikasinya. penggunaan regulator tegangan yang efisien dapat mengurangi pemborosan energi hingga 30%, yang sangat penting dalam aplikasi berbasis baterai.



Gambar 2.4 Stepdown LM4015

2.7 Relay

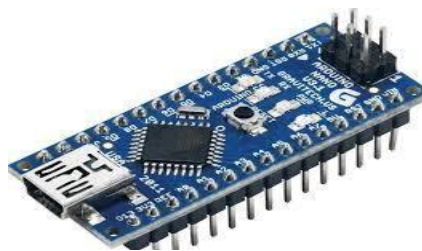
Relay adalah perangkat elektromagnetik yang berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan aliran listrik dalam suatu rangkaian. Dalam sistem keamanan sepeda motor, relay dapat digunakan untuk mengendalikan sistem penguncian dan membuka atau menutup sirkuit sesuai dengan hasil autentikasi pengguna. penggunaan relay dalam sistem pengendalian elektronik dapat meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem, terutama dalam aplikasi yang memerlukan pengendalian jarak jauh.



Gambar 2.5 Relay

2.8 Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang dirancang dengan dimensi kompak untuk kebutuhan sistem tertanam berukuran kecil, seperti perangkat wearable dan prototipe berbasis breadboard. Dengan spesifikasi teknis meliputi tegangan operasi 5V, 14 pin digital I/O (termasuk 6 PWM), 8 pin analog input, memori flash 32KB, serta kecepatan clock 16 MHz, papan ini memungkinkan pengembangan sistem kendali yang efisien dan hemat ruang. Meskipun memiliki keterbatasan pada kapasitas memori dan jumlah pin, Arduino Nano tetap relevan digunakan dalam penelitian dan pengembangan sistem kontrol sederhana karena dukungan komunitas dan pustaka yang luas (Arduino Nano, 2024).



Gambar 2.6 Arduino Nano

2.9 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dirancang untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode ke papan mikrokontroler Arduino. Sejak peluncuran versi 2.0 pada September 2022, Arduino IDE telah mengalami peningkatan yang signifikan, termasuk antarmuka pengguna yang lebih modern, fitur autocompletion, navigasi kode, dan

debugger langsung. Versi terbaru, Arduino IDE 2.3.4, menawarkan kinerja yang lebih cepat dan antarmuka yang lebih responsif, mendukung pengembangan proyek elektronik yang lebih efisien. Dengan dukungan untuk berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux, serta integrasi dengan Arduino Cloud, IDE ini memfasilitasi kolaborasi dan manajemen proyek secara berani. Fitur tambahan seperti Serial Monitor dan Plotter memungkinkan visualisasi data secara real-time, sementara Library Manager memudahkan pengelolaan pustaka eksternal. Dengan komunitas pengguna yang aktif dan dokumentasi yang luas, Arduino IDE tetap menjadi alat utama dalam pengembangan proyek berbasis mikrokontroler (Team, 2022).



Gambar 2.7 Arduino IDE

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian dilaksanakan di bengkel sepeda motor Rezeky Custom, Jalan sempurna depan GG Melati 16 Medan Tembung.

3.2.1 Jadwal Penelitian

	Waktu Kegiatan																							
	Des 2024				Jan-25				Feb-25				Mar-25				Apr-25				Mei 2025			
Kegiatan	Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul																								
Penyusunan Proposal BAB I-III																								
Analisa Masalah																								
Studi Literatur																								
Perancangan Alat																								
Pengujian																								
Hasil dan Pembahasan																								
Evaluasi																								
Penulisan BAB IV-V																								
Pengumpulan Skripsi																								

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rancang bangun yang berfokus pada pengembangan dan pengujian prototipe sistem keamanan sepeda motor berbasis Internet of Things (IoT). Tujuan utama penelitian ini adalah merancang

teknologi yang mengintegrasikan autentikasi ganda menggunakan fingerprint dan voice recognition. Sistem ini dirancang agar hanya dapat diakses oleh pemilik kendaraan yang telah terdaftar, sehingga dapat memberikan tingkat keamanan lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional.

Metode rancang bangun dipilih karena penelitian ini membutuhkan proses iteratif yang melibatkan beberapa tahapan, termasuk analisis kebutuhan, implementasi, dan pengujian. Proses ini dimulai dengan identifikasi komponen perangkat keras yang relevan, seperti mikrokontroler, sensor fingerprint, dan modul voice recognition. Kemudian, dilanjutkan dengan pengembangan perangkat lunak yang mengatur komunikasi antara komponen dan perangkat IoT untuk memastikan fungsi sistem berjalan dengan baik.

Proses rancang bangun juga melibatkan pengujian dan evaluasi prototipe untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tahapan ini meliputi pengujian kinerja autentikasi fingerprint dan pengenalan suara, stabilitas komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi IoT, serta keamanan data pengguna yang tersimpan dalam sistem. Dengan metode ini, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan solusi yang praktis dan dapat diandalkan untuk mengatasi masalah keamanan kendaraan bermotor.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini berfokus pada eksplorasi teknologi autentikasi biometrik, khususnya sistem berbasis sensor pengenalan suara (*voice recognition*) dan sidik jari (*fingerprint*). Penelitian ini bertujuan untuk menggali potensi integrasi kedua teknologi tersebut dengan platform Internet of Things (IoT) guna menciptakan sistem keamanan kendaraan yang lebih aman dan inovatif. Kajian literatur dilakukan terhadap berbagai penelitian yang relevan untuk memahami mekanisme kerja, kelebihan, tantangan, serta metode implementasi teknologi ini dalam sistem keamanan berbasis IoT.

Penerapan autentikasi biometrik berbasis sidik jari telah banyak dibahas dalam berbagai penelitian. Salah satu studi utama adalah karya Nurulfahmi dan Sulistiyowati (2021), yang menunjukkan bahwa autentikasi sidik jari dapat meningkatkan keamanan akses sistem dengan mencegah pengguna tidak sah. Data

sidik jari, yang unik untuk setiap individu, digunakan untuk memastikan bahwa hanya pemilik yang sah yang dapat mengaktifkan sistem. Penelitian ini menjadi dasar untuk mengintegrasikan modul sensor sidik jari dengan perangkat IoT sehingga proses autentikasi dapat dilakukan secara real-time.

Selain itu, teknologi pengenalan suara juga mendapat perhatian besar karena fleksibilitas dan kemudahannya dalam digunakan. Studi oleh Simanjuntak et al. (2021) menjelaskan bahwa teknologi pengenalan suara dapat dikembangkan untuk mengidentifikasi pengguna berdasarkan pola suara unik mereka. Dalam konteks penelitian ini, pengenalan suara digunakan sebagai autentikasi kedua yang memperkuat keamanan sistem. Data suara pengguna diolah dan dibandingkan dengan data yang telah disimpan dalam sistem untuk memastikan validitas akses.

Kajian literatur juga menyoroti peran IoT dalam pengolahan data real-time yang diambil dari aktivitas pengguna. IoT memungkinkan data autentikasi biometrik, seperti sidik jari dan suara, dikirim dan diproses secara langsung melalui jaringan internet. Hal ini mempermudah pemilik kendaraan untuk memantau aktivitas dan status kendaraannya dari jarak jauh, memberikan wawasan tentang bagaimana perangkat IoT dapat dirancang untuk mengelola data real-time dan mendukung sistem keamanan yang lebih canggih.

Literatur lain juga mengkaji tantangan teknis dalam mengembangkan sistem autentikasi ganda berbasis biometrik. Ini termasuk kebutuhan untuk menjaga keamanan data pengguna, memastikan keakuratan pengenalan biometrik, dan mengoptimalkan kinerja perangkat keras yang digunakan. Dengan menggunakan wawasan dari literatur ini, penelitian ini dirancang untuk mengatasi tantangan tersebut dan menciptakan sistem yang efisien, aman, dan mudah digunakan.

Pada riset ini memaparkan perbedaan antara riset yang diteliti dengan hasil sebelumnya. Adapun hasil perbandingan kedua riset ini yaitu:

Nama Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
Sutopo dkk. (2020)	Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis GPS dan SMS	memelihara pemilik kendaraan untuk melacak posisi sepeda motor secara real-time	Rentan terhadap spoofing dan tidak memiliki autentikasi biometrik

Nama Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
Rahman dkk. (2021)	Penerapan Pengenalan Sidik Jari untuk Keamanan Kendaraan	Autentikasi biometrik berbasis sidik jari meningkatkan keamanan dibandingkan sistem konvensional	Tidak mengintegrasikan teknologi IoT, sehingga pemilik kendaraan tidak dapat menyatukan status kendaraan dari jarak jauh
Zhang dan kawan-kawan (2022)	Implementasi Pengenalan Suara untuk Kendaraan Pintar	Menyediakan alternatif autentikasi berbasis suara yang lebih mudah digunakan	Akurasi sistem dapat menurun dalam lingkungan yang bising
M. Wiriawan Nasution (2025)	Autentikasi Ganda Menggunakan Fingerprint dan Voice Recognition Pada Keamanan Sepeda Motor Berbasis IoT		

Tabel 3.2 Studi Literatur dari Penelitian Sebelumnya

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam rancang bangun sistem keamanan sepeda motor menggunakan autentikasi ganda berbasis fingerprint dan voice recognition dengan teknologi IoT adalah sebagai berikut.

3.4.1 Alat Penelitian

1. Mikrokontroler (NodeMCU ESP8266/ESP32).
2. Sensor Fingerprint R307.
3. Modul Voice Recognition (Elechouse V3).
4. Modul Relay 2 Channel 5V.
5. Breadboard dan kabel jumper.

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Casing alat pelindung (akrilik).

2. Baterai Lithium Ion 18650.

3. Box Project

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang disusun secara sistematis guna memastikan pengembangan sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda berjalan terarah dan terukur. Setiap tahap dirancang untuk mengintegrasikan aspek teori, proses implementasi, serta evaluasi hasil, sehingga sistem yang dikembangkan dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.5.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk merumuskan spesifikasi teknis yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda menggunakan fingerprint dan voice recognition. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa setiap komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat berfungsi secara optimal sesuai perannya dalam mendukung kinerja sistem. Proses analisis dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu identifikasi spesifikasi teknis autentikasi dan penentuan protokol komunikasi berbasis IoT.

A. Identifikasi Spesifikasi Teknis Autentikasi Sidik Jari dan Pengenalan Suara

Teknologi sidik jari dan pengenalan suara dipilih karena memiliki tingkat keunikan dan keamanan yang tinggi. Sensor sidik jari, seperti modul R307, memiliki kemampuan membaca pola sidik jari secara akurat dan dapat menyimpan hingga 1000 template data sidik jari. Pengenalan suara, menggunakan modul seperti Elechouse Voice Recognition V3, mampu mengenali pola suara pengguna dengan akurasi tinggi hingga dalam kondisi lingkungan yang bising. Sensor kedua ini akan diintegrasikan dengan mikrokontroler (seperti NodeMCU ESP32) untuk memproses data secara real-time dan memastikan autentikasi ganda yang valid.

Studi oleh Kurniawan dkk. (2022) menunjukkan bahwa koneksi biometrik dengan IoT dapat meningkatkan keamanan akses pada sistem berbasis autentikasi ganda. Penerapan sidik jari untuk memastikan identitas fisik pengguna, ditambah

dengan pengenalan suara untuk validasi suara, mampu menciptakan lapisan keamanan tambahan yang sulit dipalsukan.

B. Pengumpulan Data untuk Penentuan Protokol Komunikasi IoT

Data real-time dari sensor sidik jari dan pengenalan suara akan dikirimkan melalui protokol komunikasi IoT, seperti MQTT atau HTTP, untuk pemantauan jarak jauh. Protokol MQTT dipilih karena efisiensi dan kemampuan dalam menangani data berbasis event-driven. Protokol ini memungkinkan komunikasi dua arah antara perangkat dan server IoT dengan latensi rendah.

Referensi dari Widodo dkk. (2023) menekankan pentingnya penggunaan protokol MQTT dalam aplikasi IoT untuk memastikan komunikasi yang cepat dan andal antara perangkat keras dan aplikasi pemantauan. Protokol ini cocok untuk aplikasi berbasis keamanan karena memiliki tingkat reliabilitas tinggi dan mendukung fitur Quality of Service (QoS).

Selain itu, data pengguna dari autentikasi biometrik akan dienkripsi sebelum dikirim untuk memastikan privasi dan keamanan data. Langkah ini sesuai dengan penelitian Rahman et al. (2021), yang menggarisbawahi perlunya perlindungan data dalam sistem IoT, terutama untuk mencegah akses tidak sah.

3.5.2 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem terdiri atas dua komponen utama, yakni perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software). Sistem keamanan sepeda motor berbasis fingerprint dan voice recognition ini dirancang dengan mengintegrasikan teknologi biometrik ke dalam platform Internet of Things (IoT). Tujuan dari proses perancangan adalah membangun sistem autentikasi ganda yang aman, efisien, serta mampu diakses secara real-time melalui perangkat berbasis IoT.

Pada penelitian ini, juga membutuhkan Flowchart sistem dirancang untuk memvisualisasikan alur kerja sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda menggunakan fingerprint dan voice recognition. Sistem diawali dengan aktivasi sensor fingerprint yang akan membaca pola sidik jari pengguna. Jika data fingerprint valid, sistem melanjutkan proses dengan mengaktifkan sensor voice recognition untuk mendeteksi pola suara pengguna. Namun, jika data fingerprint tidak valid, sistem akan meminta pengguna untuk mencoba kembali hingga data

yang dimasukkan sesuai dengan template yang telah tersimpan. Proses ini memastikan bahwa akses hanya diberikan kepada pengguna yang sah, berdasarkan validasi data biometrik yang unik.

Setelah data dari fingerprint dan voice recognition berhasil divalidasi, sistem akan mengaktifkan relay untuk membuka kunci sepeda motor. Pada saat yang sama, sistem mengirimkan data status ke platform IoT melalui protokol MQTT agar pemilik kendaraan dapat memantau aktivitas secara real-time. Jika salah satu atau kedua autentikasi gagal, sistem akan menolak akses dan kunci sepeda motor tetap terkunci. Flowchart ini mengintegrasikan logika keputusan secara berurutan dan memberikan gambaran lengkap tentang bagaimana sistem menangani input biometrik, memproses validasi, dan menghasilkan output berupa kontrol perangkat keras dan pengiriman data ke aplikasi IoT. Desain ini memastikan keamanan dan efisiensi dalam pengoperasian sistem. Berikut gambar Flowchart dari system keamanan sepeda motor menggunakan autentikasi ganda menggunakan fingerprint dan voice recognition dengan teknologi IOT:



Gambar 3.1 Flowchart Perancangan Sistem

Berdasarkan pada Gambar 3.1 menjelaskan tentang perancangan Sistem yang dimulai dengan Mulai, diikuti oleh Analisa Masalah untuk mengidentifikasi dan memahami isu yang akan dipecahkan. Selanjutnya, dilakukan Studi Literatur guna mengkaji sumber-sumber relevan yang mendukung perancangan. Tahap berikutnya adalah Perancangan Alat, di mana komponen fisik sistem dirancang, diikuti oleh Perancangan Program ESP32 untuk mengembangkan perangkat lunak yang akan diimplementasikan. Setelah itu, dilakukan Pembuatan Alat dan Program, yang mencakup perakitan dan pengunggahan program ke mikrokontroler. Proses dilanjutkan dengan Pengujian untuk memverifikasi kinerja sistem, diikuti oleh Hasil dan Pembahasan untuk menganalisis temuan dari pengujian. Kemudian, dilakukan Evaluasi untuk menilai keseluruhan sistem, sebelum akhirnya ditarik Kesimpulan dan menandai proses dengan Selesai. Setiap tahapan ini penting untuk memastikan sistem yang dirancang efektif dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

A. Perangkat Keras

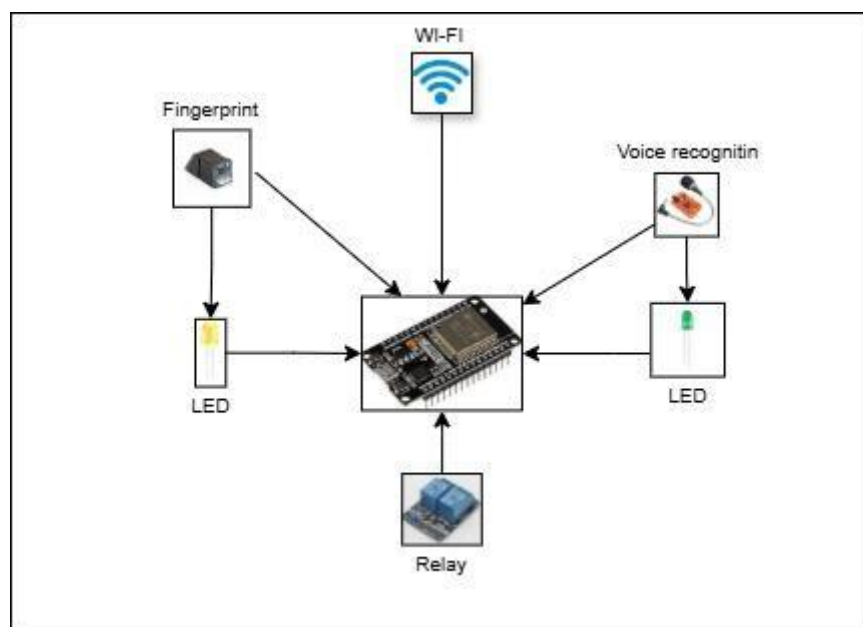
Komponen perangkat keras yang dirancang melibatkan:

1. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pengolah data utama yang memiliki kemampuan komunikasi berbasis Wi-Fi.
2. Sensor sidik jari untuk membaca pola sidik jari dan memverifikasi identitas pengguna.
3. Modul pengenalan suara untuk mendeteksi suara pengguna dan mencocokkannya dengan data yang tersimpan.
4. Relay 2 Channel untuk mengontrol fungsi on/off mesin sepeda motor.
5. Catu daya stabil menggunakan modul step-down untuk mendukung operasional perangkat keras.

Pada penelitian ini perlu Diagram blok sistem dirancang untuk menunjukkan hubungan antara setiap komponen utama dalam sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda menggunakan fingerprint dan voice recognition. Sistem terdiri dari beberapa elemen kunci, yaitu sensor fingerprint, sensor voice recognition, mikrokontroler NodeMCU ESP32,

modul relay, dan platform IoT. Sensor fingerprint bertugas membaca pola sidik jari pengguna, sedangkan sensor voice recognition mengenali pola suara pengguna. Kedua data biometrik ini dikirimkan ke NodeMCU ESP32 untuk diproses secara real-time dan diverifikasi terhadap data yang telah tersimpan di dalam memori.

Jika autentikasi fingerprint dan suara berhasil diverifikasi, NodeMCU akan mengirimkan perintah ke modul relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan kunci sepeda motor. Selain itu, NodeMCU juga akan mengirimkan status sistem ke platform IoT melalui protokol MQTT untuk memberikan notifikasi dan memudahkan pemantauan jarak jauh oleh pengguna. Dengan pendekatan ini, sistem memastikan keamanan kendaraan hanya dapat diakses oleh pengguna yang terdaftar, sekaligus menyediakan fungsi kontrol dan pemantauan secara real-time melalui aplikasi IoT. Diagram blok ini menggambarkan alur kerja yang terstruktur antara input (sensor biometrik), proses (verifikasi pada NodeMCU), dan output (kontrol relay dan data IoT).



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Alat

Pada Gambar 3.2 memaparkan sensor fingerprint dan modul pengenalan suara sebagai alat autentikasi yang saling melengkapi untuk meningkatkan tingkat keamanan. Kedua perangkat ini terhubung ke mikrokontroler yang berfungsi

sebagai otak sistem, mengolah sinyal input dari fingerprint dan suara pengguna. Setelah autentikasi berhasil, mikrokontroler mengaktifkan relay yang dapat mengendalikan kunci sepeda motor dan memberikan umpan balik visual melalui LED yang menunjukkan status sistem. Selain itu, konektivitas Wi-Fi memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh, sehingga pengguna dapat memeriksa status keamanan sepeda motor secara real-time. Integrasi komponen-komponen ini menciptakan sistem keamanan yang lebih handal dan efisien untuk perlindungan sepeda motor.

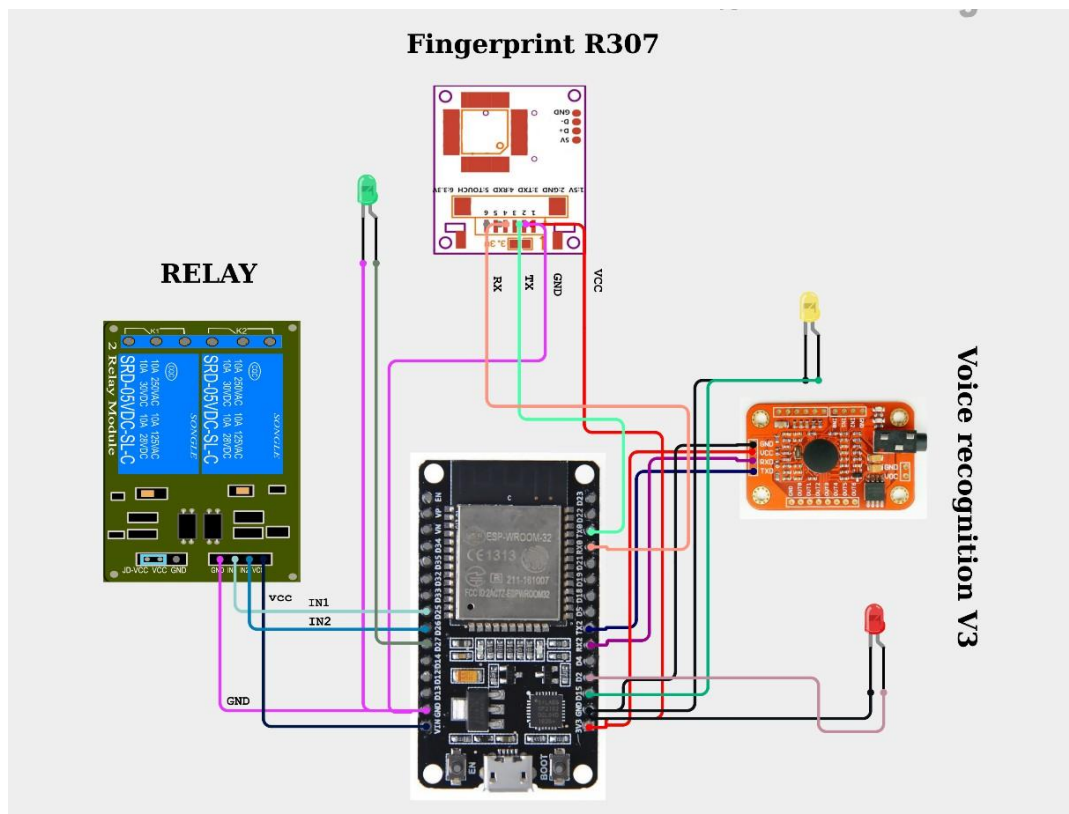
B. Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk sistem keamanan ini dirancang menggunakan Visual Studio Code (VSCode) sebagai Integrated Development Environment (IDE) dengan bahasa pemrograman MicroPython . Pemilihan MicroPython dilakukan karena efisiensi dan kemampuannya dalam mengelola perangkat berbasis mikrokontroler seperti NodeMCU ESP32. Perangkat lunak ini bertugas membaca data biometrik dari sensor sidik jari dan pengenalan suara. Data tersebut diambil dalam bentuk template digital yang unik untuk setiap pengguna, kemudian dibandingkan dengan template yang telah disimpan di sistem memori untuk proses validasi. Proses ini memastikan bahwa hanya pengguna yang telah terdaftar yang dapat mengakses fungsi sistem.

Jika data biometrik sidik jari dan suara berhasil divalidasi, perangkat lunak akan mengirimkan perintah ke modul relay untuk membuka kunci sepeda motor. Sebaliknya, jika salah satu atau kedua autentikasi tidak valid, akses akan ditolak dan kunci motor tetap dalam posisi terkunci. Selain itu, perangkat lunak dirancang untuk mengirimkan sistem status data secara real-time ke aplikasi IoT melalui protokol MQTT. Protokol MQTT dipilih karena ringan, cepat, dan mendukung komunikasi data berbasis event-driven. Melalui aplikasi IoT, pengguna dapat menerima notifikasi, menyimpan status kendaraan, dan mengambil tindakan pengamanan tambahan jika diperlukan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keamanan tetapi juga memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna dalam menyatukan kendaraannya.

3.5.3 Perancangan Komponen Circuit

Perancangan komponen circuit pada sistem keamanan keamanan sepeda motor menggunakan autentikasi ganda berbasis fingerprint dan voice recognition dengan teknologi IOT, terdapat perangkat yang terdiri dari NodeMCU 32, Sensor fingerprint R305, voice recognition V3, Relay. masing-masing sensor atau modul akan terhubung dengan NodeMCU 32 untuk melakukan pertukaran data yang dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 3.3 Komponen Circuit

Pada Gambar 3.3 menunjukkan perancangan circuit yang mengintegrasikan ESP32 dengan modul sidik jari R307, relay, dan modul pengenalan suara V3. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengelola komunikasi antara modul sidik jari dan suara, dengan modul R307 terhubung melalui pin RX dan TX untuk verifikasi identitas pengguna. Relay dikendalikan oleh ESP32 melalui pin IN1 dan IN2, memungkinkan kontrol perangkat eksternal, sementara modul pengenalan suara V3 menerima perintah suara. Semua modul terhubung ke sumber daya ESP32 melalui VCC dan GND, dan LED memberikan indikasi visual status

sistem. Desain ini memungkinkan akses ke sistem melalui sidik jari dan suara, meningkatkan keamanan dan kemudahan penggunaan.

3.5.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilaksanakan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras maupun perangkat lunak berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Proses pengujian diawali dengan pengujian sensor fingerprint dan voice recognition, di mana masing-masing autentikasi diuji secara terpisah untuk menilai tingkat akurasi serta kecepatan respon. Sensor fingerprint diuji menggunakan beberapa sampel sidik jari, baik yang telah terdaftar maupun yang tidak terdaftar dalam sistem, guna mengukur kemampuan dalam membedakan akses sah dan tidak sah. Sementara itu, sensor voice recognition diuji dengan suara pengguna pada berbagai kondisi lingkungan, termasuk adanya gangguan suara latar, untuk mengevaluasi kestabilan serta konsistensi hasil pengenalan suara. Adapun beberapa pengujian sistem yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan akurasi dan resolusi sensor sidik jari dan pengenalan suara yang digunakan dalam sistem. Pada pengujian sensor sidik jari, beberapa sidik jari yang terdaftar dan tidak terdaftar di sistem diuji untuk menilai kemampuan sensor dalam mengenali pola sidik jari. Parameter yang diuji meliputi waktu respon sensor, tingkat keberhasilan membaca sidik jari yang valid, dan ketahanan terhadap percobaan akses dengan sidik jari palsu. Selain itu, sensor diuji dalam berbagai kondisi seperti tangan kotor, basah, atau terluka untuk menilai kinerjanya dalam lingkungan yang tidak ideal. Hasil pengujian menunjukkan apakah sensor sidik jari dapat diandalkan untuk menyediakan akses yang aman dan tepat waktu.

Untuk menguji pengenalan suara, beberapa suara pengguna yang terdaftar dan tidak terdaftar diuji untuk memancarkan tingkat akurasi pengenalan suara. Pengujian ini dilakukan di berbagai kondisi lingkungan, seperti ruang yang sunyi dan tempat dengan gangguan latar belakang. Parameter yang diuji meliputi tingkat pengenalan suara (*tingkat penerimaan palsu* dan *tingkat penolakan palsu*), waktu respons, serta sensitivitas sensor terhadap variasi nada atau intonasi pengguna. Pengujian ini memastikan bahwa sensor pengenalan suara dapat bekerja dengan baik meskipun terdapat faktor gangguan eksternal.

2. Pengujian Komunikasi IoT

Pengujian komunikasi IoT bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sistem dapat dikirimkan ke platform IoT secara real-time dengan kecepatan dan akurasi tinggi. Protokol MQTT yang digunakan diuji untuk memastikan bahwa sistem dapat mengirimkan data status autentikasi, seperti validasi sidik jari dan suara, ke aplikasi pemantauan tanpa adanya penundaan yang signifikan. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan perangkat NodeMCU ESP32 ke jaringan Wi-Fi, kemudian mengirimkan data ke server IoT secara berulang-ulang untuk menilai stabilitas koneksi.

Selain itu, pengujian ini mencakup skenario di mana koneksi jaringan tidak stabil atau terputus. Sistem diuji untuk melihat apakah mampu menyimpan data sementara dan mengirimkannya kembali setelah koneksi terpulihkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna tetap menerima notifikasi tentang status keamanan sepeda motor mereka meskipun terjadi gangguan pada jaringan. Pengujian juga mencakup penilaian terhadap konsumsi bandwidth protokol MQTT, sehingga dapat dipastikan bahwa sistem tetap efisien dan menghemat sumber daya jaringan.

3. Pengujian Keamanan

Pengujian keamanan dilakukan untuk menjalankan efektivitas sistem autentikasi ganda dalam mencegah akses tidak sah. Pengujian ini mencakup berbagai skenario, seperti mencoba membuka kunci sepeda motor dengan sidik jari yang tidak terdaftar, suara pengguna yang tidak sesuai, atau dengan mengabaikan salah satu autentikasi. Sistem diuji untuk memastikan bahwa hanya kombinasi sidik jari dan suara yang valid yang dapat membuka kunci. Parameter yang diukur adalah tingkat keberhasilan dalam menolak akses yang tidak sah dan waktu respon sistem dalam memvalidasi kedua autentikasi.

Selain itu, pengujian keamanan juga dilakukan pada integritas data yang dikirimkan ke platform IoT. Status autentikasi data dienkripsi sebelum dikirimkan untuk memastikan tidak ada pihak luar yang dapat membaca atau memodifikasi informasi tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi celah keamanan, seperti serangan man-in-the-middle atau merujuk data. Dengan

pengujian keamanan ini, sistem dapat divalidasi sebagai solusi yang Andal dan aman dalam melindungi sepeda motor dari akses yang tidak sah.

3.6. Pengolahan dan Analisis Data

Proses pengolahan dan analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem keamanan sepeda motor berbasis fingerprint dan voice recognition. Data hasil pengujian dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif, dengan tujuan memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa sistem berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Setiap parameter diuji secara sistematis guna memastikan sistem berfungsi sesuai spesifikasi dan memenuhi kebutuhan keamanan. Adapun penjelasan terkait parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

1. Waktu Respons Sidik Jari dan Pengenalan Suara

Waktu respon sistem diuji untuk mengukur seberapa cepat sensor sidik jari dan pengenalan suara dapat membaca data biometrik pengguna, memprosesnya, dan memberikan hasil validasi. Dalam pengujian ini, waktu diukur sejak data sidik jari atau suara diterima hingga keputusan autentikasi yang dihasilkan oleh NodeMCU ESP32. Pengujian dilakukan dalam berbagai skenario, termasuk sidik jari atau suara yang valid, tidak valid, dan kondisi jaringan yang tidak stabil untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi waktu respon.

Hasil dari pengujian ini digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi sistem, terutama dalam memberikan pengalaman pengguna yang baik. Sistem yang ideal harus mampu memberikan hasil validasi dalam waktu kurang dari satu detik untuk memastikan kenyamanan pengguna. Selain itu, analisis waktu respons membantu mengidentifikasi apakah ada kebutuhan untuk mengoptimalkan kode perangkat lunak atau meningkatkan spesifikasi perangkat keras. Waktu respon yang terlalu lambat dapat mengurangi efektivitas sistem, terutama dalam kondisi darurat.

2. Keakuratan Autentikasi Sidik Jari dan Suara

Keakuratan autentikasi merupakan salah satu parameter penting yang diukur dalam pengujian. Pada sensor sidik jari, pengujian dilakukan dengan mencoba berbagai sidik jari, termasuk yang terdaftar (valid) dan yang tidak terdaftar (tidak

valid). Parameter yang dievaluasi meliputi tingkat kesalahan penerimaan (false acceptance rate, FAR) dan tingkat kesalahan penolakan (false rejection rate, FRR). Pada sensor pengenalan suara, pengujian dilakukan dengan mencoba berbagai variasi suara, termasuk suara pengguna yang telah terdaftar dan suara orang lain.

Sementara itu, untuk autentikasi suara, keakuratan diuji berdasarkan kemampuan sistem untuk mengenali suara pengguna meskipun terdapat variasi dalam intonasi atau adanya gangguan suara lain di sekitarnya. Pengujian dilakukan dengan kondisi pengguna yang berbicara dalam volume yang berbeda, serta dengan kata atau frase yang bervariasi, untuk menilai apakah sistem dapat mengidentifikasi suara dengan tingkat kesalahan yang minimal. Sistem yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi akan lebih efektif dalam mengamankan perangkat dan hanya memberikan akses kepada pengguna yang sah.

3. Stabilitas Pengiriman Data ke Platform IoT

Stabilitas pengiriman data ke platform IoT merupakan aspek penting dalam memastikan bahwa sistem dapat mengirimkan data secara tepat waktu dan akurat tanpa gangguan. Pada tahap ini, pengujian dilakukan untuk menyalakan bagaimana sistem mengirimkan data dari perangkat ke aplikasi pemantauan IoT yang digunakan. Data yang diuji mencakup status autentikasi, hasil verifikasi sidik jari dan suara, serta status pengaktifan sistem keamanan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua data yang diperlukan dapat dikirimkan dengan stabil, meskipun terjadi variasi pada jaringan atau kondisi pengujian.

Pengujian stabilitas ini mengukur faktor-faktor seperti latensi pengiriman data dan tingkat kehilangan data (packet loss) yang terjadi dalam komunikasi antara perangkat dan platform IoT. Dalam pengujian, sistem diuji dalam berbagai kondisi, termasuk jaringan dengan bandwidth terbatas atau koneksi yang tidak stabil, untuk menilai sejauh mana data tetap dikirimkan dengan akurat dan tepat waktu. Stabilitas dalam pengiriman data sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan informasi yang real-time dan dapat diandalkan oleh pengguna dalam mengontrol dan menjaga keamanan sistem.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Implementasi Sistem

Sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda telah berhasil diimplementasikan menggunakan modul sidik jari R307 dan pengenalan suara V3. Perangkat ini terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi perancangan yang telah disusun pada sebelumnya.

1.1.1 Prototipe Alat

Prototipe sistem keamanan sepeda motor ini dirancang dan dibangun dalam bentuk rangkaian elektronik yang terintegrasi dalam satu unit. Perangkat ini terdiri dari beberapa komponen utama yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam proses autentikasi dan pengamanan kendaraan. Rancang bangun alat Ditempatkan pada badan sepeda motor yang strategis dan tidak mudah dijangkau oleh pihak yang tidak berkepentingan. Adapun komponen dan fungsinya dijelaskan sebagai berikut:

- **NodeMCU ESP32**

Berperan sebagai unit pemrosesan utama (mikrokontroler) yang mengontrol seluruh alur autentikasi dan komunikasi data ke sistem Internet of Things (IoT). ESP32 dipilih karena memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan, performa tinggi, dan kompatibilitas luas dengan berbagai sensor.

- **Sensor Fingerprint R307**

Berfungsi untuk membaca dan memverifikasi identitas pengguna berdasarkan pola sidik jari. Modul ini mampu menyimpan hingga 1000 data sidik jari, namun untuk keperluan penelitian ini dibatasi hingga 5 pengguna terdaftar.

- **Voice Recognition Module V3 (Elechouse)**

Bertugas mengenali perintah suara dari pengguna, yaitu "ON" untuk mengaktifkan sepeda motor dan "OFF" untuk menonaktifkannya. Modul ini

hanya dapat menyimpan dan mengenali hingga 7 perintah secara bersamaan, dan diuji dengan dua perintah utama.

- **Relay 2 Channel 5V**

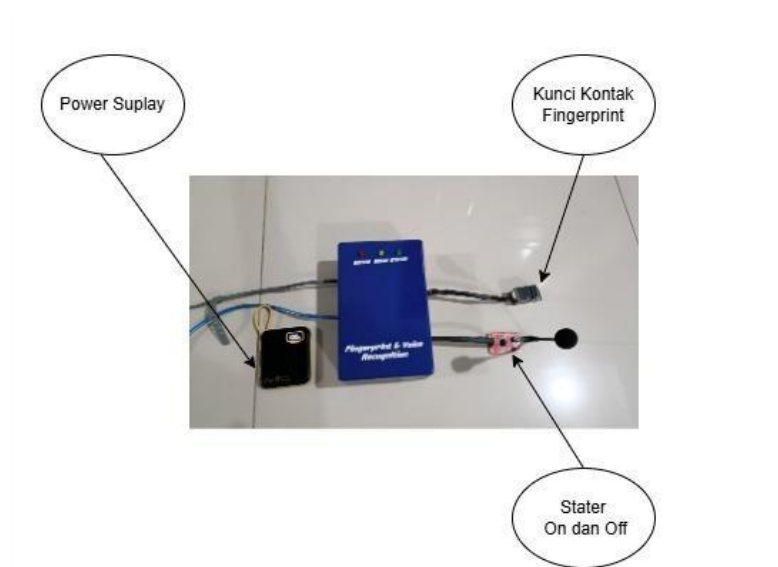
Digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengontrol arus listrik menuju sistem pengapian sepeda motor. Relay akan aktif (terhubung) jika proses autentikasi dinyatakan berhasil oleh ESP32.

- **Indikator LED (Merah, Kuning, Hijau)**

LED digunakan sebagai indikator status sistem. LED merah berkedip saat sistem aktif, LED kuning menyala saat sidik jari berhasil berfungsi, dan LED hijau menyala selama 2 detik jika perintah "ON" diketahui dan sistem berhasil menyala.

- **Platform IoT (Node-RED + MQTT Broker)**

Berfungsi untuk mencatat dan menampilkan status autentikasi pengguna secara real-time. Melalui dashboard Node-RED, pengguna dapat melihat riwayat akses dan status kendaraan dari jarak jauh.



Gambar 4.1 Prototipe Alat

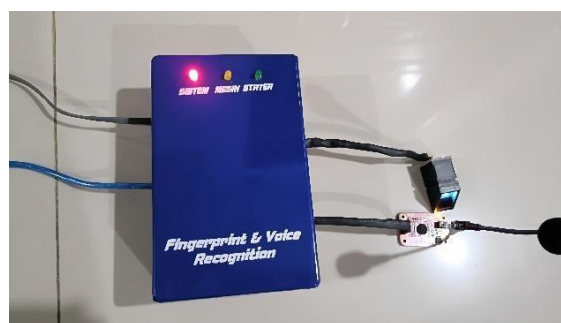
Gambar tersebut menunjukkan rangkaian sistem autentikasi ganda sepeda motor berbasis IoT yang terdiri dari power supply sebagai sumber tegangan utama, sensor sidik jari R307s sebagai kunci kontak pertama, serta modul voice recognition V3 sebagai pengontrol perintah suara "ON" dan "OFF". Rangkaian ini dikendalikan

oleh mikrokontroler (ESP32 dan Arduino Nano) yang ditempatkan dalam box kontrol utama bersama relay 2 channel sebagai saklar elektronik. Sistem bekerja dengan verifikasi awal melalui sidik jari; jika sidik jari cocok, pengguna dapat melanjutkan dengan perintah suara. Perintah “ON” akan mengaktifkan relay dan menyalakan motor, sedangkan “OFF” akan memutus aliran arus. LED indikator digunakan sebagai penanda status: merah berkedip menandakan sistem aktif, kuning menyala saat terverifikasi sidik jari, dan hijau menyala saat perintah “ON” diterima. Rangkaian ini telah siap diuji coba sebagai prototipe pengaman kendaraan yang lebih aman dan modern.



Gambar 4.2 Koneksi Autentikasi Ganda

Gambar 4.2 merupakan rangkaian alat yang belum berhasil mendapatkan sinyal dan menunggu terhubung ke jaringan sinyal untuk mengaktifkan keseluruhan rancangan.



Gambar 4.3 Koneksi Aktif Autentikasi Ganda

Gambar 4.3 merupakan rangkaian alat yang sudah berhasil mendapatkan sinyal, perbedaannya ada pada lampu yang berkedip, jika lampu yang berkedip sudah ada warna merah berarti system sudah dapat dioperasikan dan sepenuhnya bisa mengaktifkan keseluruhan rancangan.

4.1.2 Fungsi Sistem

Sistem keamanan yang dikembangkan memiliki beberapa fungsi utama yang bekerja secara terintegrasi untuk memastikan bahwa hanya pemilik yang sah yang dapat mengakses dan menyalakan kendaraan. Fungsi-fungsi tersebut dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Autentikasi Ganda Pengguna

Sistem hanya akan mengaktifkan sepeda motor apabila dua tahap autentikasi telah dilalui, yaitu:

- Pengguna meletakkan jarinya pada sensor sidik jari dan data sidik jari sesuai dengan yang tersimpan dalam sistem.
- Pengguna mengucapkan perintah suara “ON” dengan pola suara yang sesuai dengan yang telah diprogram sebelumnya.

2. Kontrol Pengaktifan Mesin Motor

Setelah autentikasi sidik jari dan perintah suara berhasil, ESP32 mengaktifkan relay yang menghubungkan aliran listrik ke sistem pengapian motor. Ini membuat motor siap untuk dinyalakan oleh pengguna. Jika perintah suara adalah "OFF", relay akan terputus dan seluruh sistem akan dinonaktifkan.

3. Indikator Status Sistem

Untuk membantu pengguna memahami alat operasi status, digunakan tiga buah indikator LED:

- Merah berkedip : Sistem aktif dan menunggu autentikasi.
- Kuning menyala : Sidik jari berhasil berfungsi.
- Hijau menyala 2 detik : Perintah suara "ON" berhasil dikenali dan relay aktif.

4. Pemantauan Jarak Jauh via IoT

Setiap aksi autentikasi (berhasil atau gagal) dikirim ke platform IoT (Node-RED) melalui protokol MQTT. Pemilik kendaraan dapat memonitor riwayat akses, sensor status, dan kondisi kunci kendaraan melalui tampilan dashboard di perangkat mobile atau laptop.

5. Keamanan Berlapis

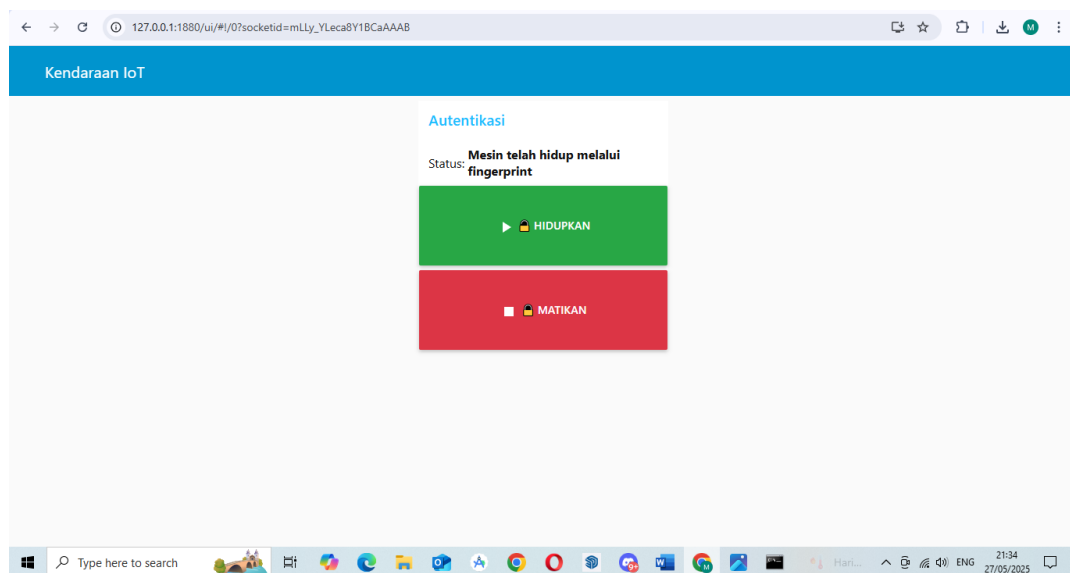
Sistem ini tidak akan mengaktifkan relay jika salah satu dari dua metode autentikasi gagal. Hal ini bertujuan untuk mencegah akses tidak sah meskipun salah satu sensor berhasil dimanipulasi.

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk menilai kinerja dari prototipe keamanan sepeda motor yang menggunakan autentikasi ganda (sidik jari dan pengenalan suara) yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Pengujian meliputi tiga aspek utama yaitu: autentikasi sensor, fungsi komunikasi MQTT, dan indikator keberhasilan sistem.

4.2.1 Pengujian Sensor Sidik Jari

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat membedakan antara pengguna yang terdaftar dan tidak terdaftar dengan akurasi tinggi. Lima sidik jari pengguna terdaftar dan lima pengguna tidak terdaftar diuji untuk memancarkan kinerja sensor.



Gambar 4.4 Tampilan Node-Red Fingerprint

Gambar 4.4 merupakan tampilan antarmuka pengguna (UI) berbasis web dari sistem keamanan sepeda motor berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan Node-RED. Tampilan ini menunjukkan status autentikasi bahwa mesin telah berhasil diaktifkan melalui verifikasi sidik jari. Terdapat dua tombol kontrol, yaitu

tombol "HIDUPKAN" berwarna hijau untuk menyalakan mesin dan "MATIKAN" berwarna merah untuk mematikan mesin, yang keduanya dilengkapi ikon kunci sebagai simbol keamanan. Sistem ini terhubung dengan ESP32 melalui protokol MQTT, sehingga setiap perintah yang diberikan melalui UI ini akan dikirim secara real-time ke mikrokontroler untuk mengontrol relay. Tampilan ini membuktikan bahwa sistem telah siap diuji coba dengan integrasi antara autentikasi fisik (sidik jari) dan kontrol digital (antarmuka web) sebagai bentuk pengembangan teknologi keamanan kendaraan berbasis Internet of Things.

No	ID Pengguna	Status Pengguna	Hasil Autentikasi	Waktu Respon (detik)
1	User 01	Terdaftar	Berhasil	0.52
2	User 02	Terdaftar	Berhasil	0.48
3	User 03	Terdaftar	Berhasil	0.55
4	User 04	Tidak Terdaftar	Gagal	-
5	User 05	Tidak Terdaftar	Gagal	-

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Sidik Jari

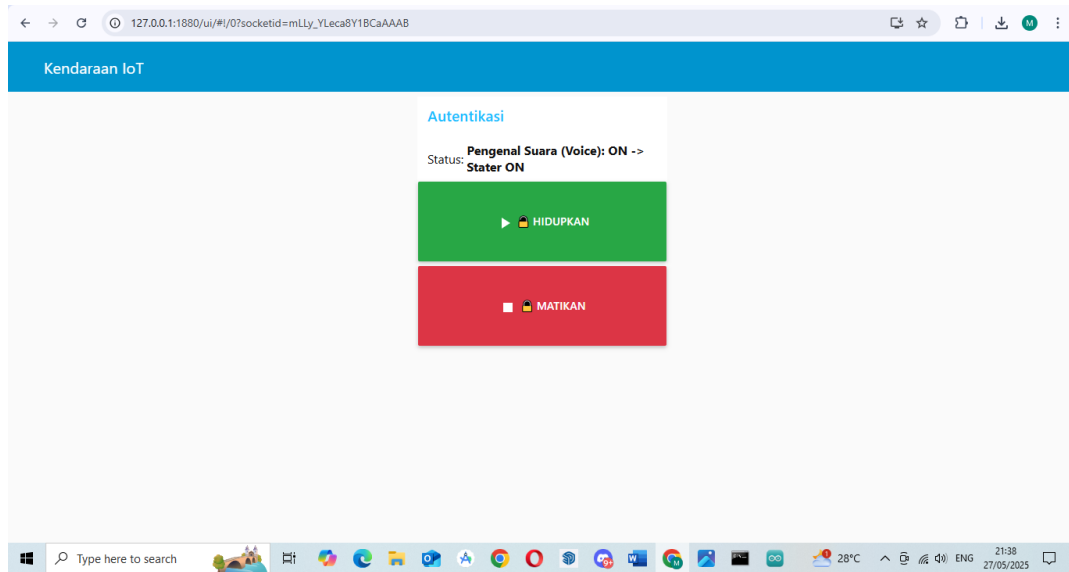
Analisis :

Sensor sidik jari R307 berhasil mengidentifikasi seluruh pengguna terdaftar secara akurat dengan rata-rata waktu respon sekitar 0.51 detik . Sementara itu, semua pengguna yang tidak terdaftar ditolak aksesnya, menunjukkan bahwa tingkat penerimaan palsu (FAR) = 0% dan tingkat penolakan palsu (FRR) = 0% dalam kondisi ideal.

4.2.2 Pengujian Sensor Pengenalan Suara

Pengujian sensor pengenalan suara V3 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengenalan perintah suara "ON" dan "OFF" dari pengguna yang telah terdaftar. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi lingkungan:

- Lingkungan Tenang (Dalam Ruangan)
- Lingkungan Bising (Outdoor/Suara Mesin)



Gambar 4.5 Tampilan Node-Red Voice Recognition

Gambar tersebut memperlihatkan antarmuka sistem berbasis web yang menampilkan status autentikasi melalui perintah suara pada sistem keamanan kendaraan berbasis IoT. Pada tampilan antarmuka, terdapat status "Pengenalan Suara (Voice): ON -> Starter ON", yang menunjukkan bahwa sistem berhasil menerima serta mengenali perintah suara "ON" dari pengguna, kemudian mengaktifkan starter kendaraan melalui relay. Antarmuka ini juga dilengkapi dengan dua tombol, yaitu HIDUPKAN dan MATIKAN, yang berfungsi untuk mengontrol kondisi mesin secara manual melalui dashboard Node-RED. Tampilan ini menjadi bukti bahwa sistem telah berhasil mengintegrasikan modul Voice Recognition V3 dengan Node-RED melalui ESP32 menggunakan protokol komunikasi MQTT, sekaligus menunjukkan bahwa autentikasi berbasis suara dapat berfungsi dengan baik dan menjadi lapisan tambahan setelah proses autentikasi menggunakan fingerprint.

Kondisi Lingkungan	Jumlah Uji Coba	Pengakuan Sukses	Akurasi (%)
Sunyi	10	10	100%
Bising	10	7	70%

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengenalan Suara

Analisis :

Voice Recognition bekerja sangat baik pada kondisi lingkungan yang sunyi . Namun, dalam kondisi bising, akurasi turun sebesar 30%, menunjukkan bahwa modul ini sensitif terhadap gangguan latar , dan memerlukan penyesuaian atau optimasi lebih lanjut untuk digunakan secara luas di lingkungan luar ruangan.

4.2.3 Pengujian Aktivasi Relay (Sistem Output)

Pengujian ini bertujuan untuk menilai apakah sistem secara tepat mengaktifkan atau menonaktifkan relay hanya setelah kedua metode autentikasi berhasil dilakukan.

Uji Coba	Fingerprint	Voice	Relay Aktif	Status LED
1	Valid	Valid	Aktif	Hijau ON
2	Valid	Tidak Valid	Tidak Aktif	Kuning ON
3	Tidak Valid	Valid	Tidak Aktif	Merah Berkedip
4	Tidak Valid	Tidak Valid	Tidak Aktif	Merah Berkedip

Tabel 4.3 Hasil Aktivitas Relay Berdasarkan Autentikasi

Analisis :

Hanya kombinasi autentikasi ganda yang valid yang dapat mengaktifkan relay, sesuai logika sistem keamanan. Ini menunjukkan bahwa sistem berhasil menerapkan prinsip "otentikasi dua faktor" dengan validasi logika yang kuat.

4.2.4 Pengujian Komunikasi IoT melalui MQTT

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan serta kecepatan pengiriman data dari ESP32 ke dashboard monitoring Node-RED melalui protokol MQTT.

Parameter	Hasil Pengujian
Latensi rata-rata	< 250 ms
Ketersambungan	Stabil (100% uptime)
Keberhasilan log	100% data diterima
Loss packet	0%

Tabel 4.4 Hasil Pengujian MQTT

Analisis :

MQTT terbukti sebagai protokol yang andal dalam komunikasi IoT untuk sistem ini. Autentikasi data dari ESP32 dikirim dan diterima di antarmuka pengguna secara real-time dan stabil , tanpa mengalami penundaan yang signifikan atau kehilangan paket data.

4.3 Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian membuktikan bahwa sistem autentikasi ganda berbasis sidik jari dan pengenalan suara meningkatkan keamanan sepeda motor secara signifikan dibandingkan sistem konvensional. Penggabungan dua biometrik memberikan lapisan proteksi berlebih terhadap akses tidak sah.

Keunggulan lainnya terletak pada integrasi teknologi IoT melalui Node-RED, yang memungkinkan pemilik kendaraan menjaga status keamanan dari jarak jauh. Kekurangan utama terdapat pada modul pengenalan suara yang kinerjanya menurun di lingkungan bising.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem keamanan sepeda motor berbasis autentikasi ganda menggunakan sidik jari dan pengenalan suara yang terintegrasi dengan IoT, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem mampu mengidentifikasi pengguna yang sah dengan akurasi tinggi melalui sidik jari dan perintah suara.
2. Autentikasi ganda memberikan keamanan tambahan , sehingga hanya pengguna terdaftar yang dapat mengaktifkan kendaraan.
3. Integrasi dengan platform IoT (Node-RED dan MQTT) memungkinkan pemantauan secara real-time yang responsif dan efisien.
4. Waktu respon autentikasi sangat cepat (<1 detik), meningkatkan kenyamanan pengguna.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, peneliti menyarankan beberapa hal berikut:

1. Peningkatan Akurasi Pengenalan Suara
Gunakan modul pengenalan suara dengan AI atau teknologi berbasis jaringan saraf untuk akurasi lebih baik.
2. Aplikasi Mobile
Tambahkan sistem kontrol dan notifikasi melalui aplikasi Android untuk pengalaman pengguna yang lebih interaktif.
3. Keamanan Data Lebih Ketat
Terapkan enkripsi (AES-128 atau lebih) pada komunikasi MQTT agar data tidak mudah diretas.
4. Sumber Daya Lebih Efisien
Tambahkan fitur mode tidur agar konsumsi daya berkurang saat tidak digunakan.
5. Pemanfaatan Kamera atau Sensor Gerak
Untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan di sekitar kendaraan dan mengaktifkan alarm otomatis

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Arduino Nano. (2024). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_Nano
- Fernandez, R. B., Theodore, D., & Seroje, R. (2022). Two-Way Motorcycle Authentication with Alerting and Tracking System Using Mobile Application. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 7(3), 246–255.
- Ghali, F., Ali, N., & Yousif, A. (2020). Fingerprint Recognition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 928(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/928/3/032078>
- Gupta, B. B., & Quamara, M. (2019). Internet of things security Principles, Applications, Attacks, and Countermeasures. In *Journal of ICT Standardization* (Vol. 7, Issue 1).
- Indah, I. P. S., Al-Khowarizmi, A.-K., MD, P. P. H., Perdana, A., & Manurung, A. A. (2023). Implementation And Design of Security System On Motorcycle Vehicles Using Raspberry Pi3-Based GPS Tracker And Facedetection. *Sinkron*, 8(3), 2003–2007. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12935>
- Polri. (2022). *Laporan tahunan kasus kriminal* (2022nd ed.). <https://www.polri.go.id>
- Prasetyo, M. L., Wibowo, A. T., Ridwan, M., Milad, M. K., Arifin, S., Izzuddin, M. A., Setyowati, R. D. N., & Ernawan, F. (2021). Face Recognition Using the Convolutional Neural Network for Barrier Gate System. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(10), 138–153. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i10.20175>
- Rahman, M. S., Rumman, K. M., Ahmmed, R., Rahman, A., & Sarker, A. (2023). Fingerprint Based Biometric Attendance System Section A-Research paper

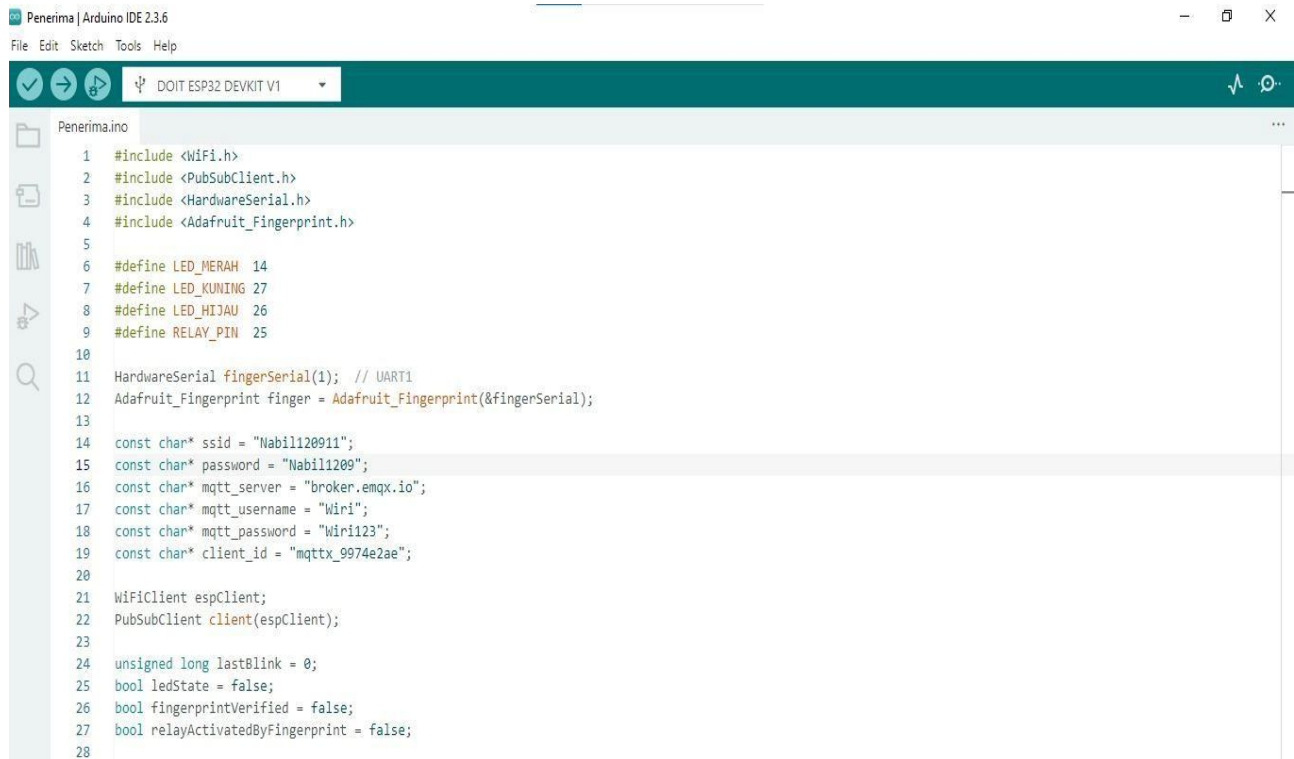
Eur. Chem. Bull, 2023(S3), 184–190.
<https://doi.org/10.31838/ecb/2023.12.s3.026>

Statistika, B. P. (2023). Statistik Kriminal. *Badan Pusat Statistik, 021*, 1–62.
<https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/12/5edba2b0fe5429a0f232c736/statistik-kriminal-2023.html>

Team, A. (2022). Arduino IDE 2.0 Release Announcement. In *Arduino Blog*.
<https://blog.arduino.cc/2022/09/14/its-here-please-welcome-arduino-ide-2-0/>

Lampiran

1. Script Arduino IDE

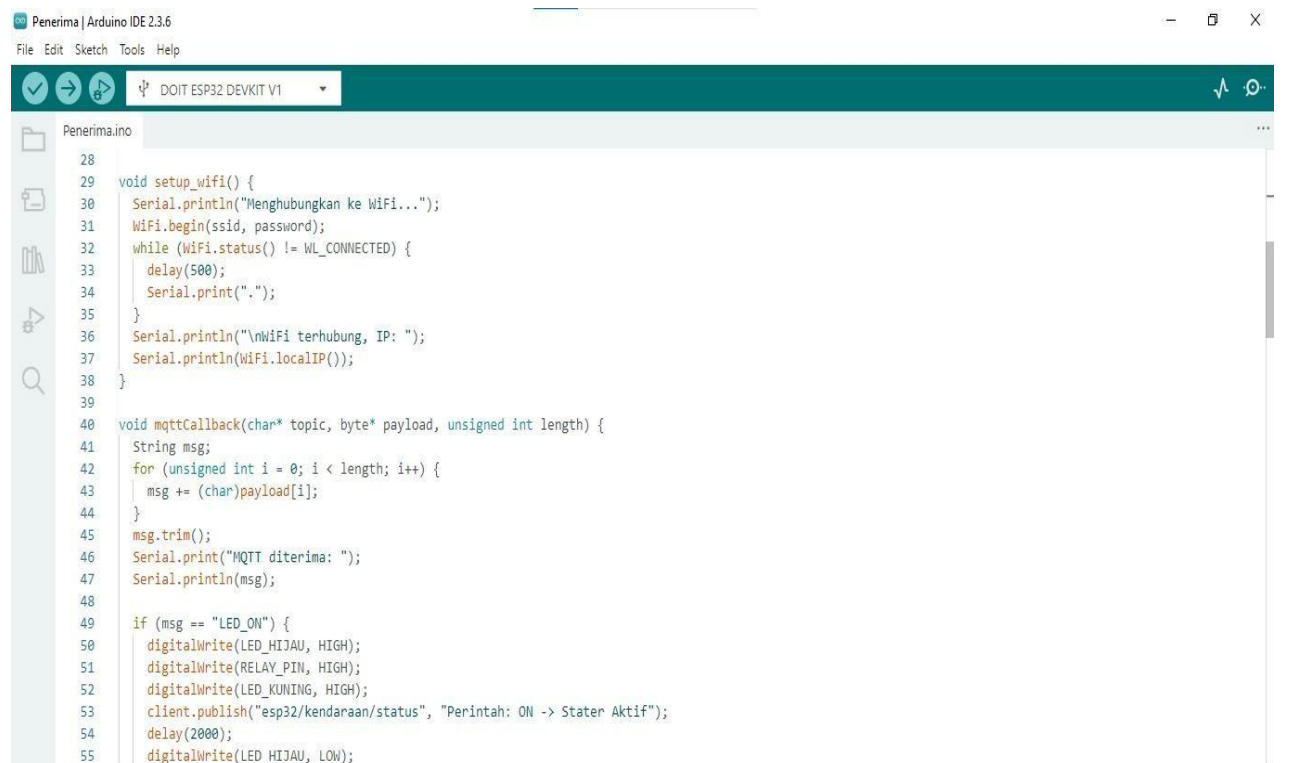


The screenshot shows the Arduino IDE 2.3.6 interface with the file 'Penerima.ino' open. The code defines constants for LED pins and a relay pin, initializes a hardware serial for fingerprint, and sets up MQTT client credentials. It also declares variables for WiFi client, MQTT client, and several boolean and long variables for state and timing.

```

1  #include <WiFi.h>
2  #include <PubSubClient.h>
3  #include <HardwareSerial.h>
4  #include <Adafruit_Fingerprint.h>
5
6  #define LED_MERAH 14
7  #define LED_KUNING 27
8  #define LED_HIJAU 26
9  #define RELAY_PIN 25
10
11 HardwareSerial fingerSerial(1); // UART1
12 Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&fingerSerial);
13
14 const char* ssid = "Nabil120911";
15 const char* password = "Nabil1209";
16 const char* mqtt_server = "broker.emqx.io";
17 const char* mqtt_username = "Wiri";
18 const char* mqtt_password = "Wiri123";
19 const char* client_id = "mqttX_9974e2ae";
20
21 WiFiClient espClient;
22 PubSubClient client(espClient);
23
24 unsigned long lastBlink = 0;
25 bool ledState = false;
26 bool fingerprintVerified = false;
27 bool relayActivatedByFingerprint = false;
28

```



The screenshot shows the continuation of the 'Penerima.ino' sketch. It includes the 'setup_wifi' function for connecting to a WiFi network and the 'mqttCallback' function for handling incoming MQTT messages. The callback function checks for specific commands like 'LED_ON' and publishes status updates to a topic.

```

28
29 void setup_wifi() {
30   Serial.println("Menghubungkan ke WiFi...");
31   WiFi.begin(ssid, password);
32   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
33     delay(500);
34     Serial.print(".");
35   }
36   Serial.println("\nWiFi terhubung, IP: ");
37   Serial.println(WiFi.localIP());
38 }
39
40 void mqttCallback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
41   String msg;
42   for (unsigned int i = 0; i < length; i++) {
43     msg += (char)payload[i];
44   }
45   msg.trim();
46   Serial.print("MQTT diterima: ");
47   Serial.println(msg);
48
49   if (msg == "LED_ON") {
50     digitalWrite(LED_HIJAU, HIGH);
51     digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
52     digitalWrite(LED_KUNING, HIGH);
53     client.publish("esp32/kendaraan/status", "Perintah: ON -> Stater Aktif");
54     delay(2000);
55     digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);

```

```

Penerima | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help

Penerima.ino
55     digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
56   } else if (msg == "LED_OFF") {
57     digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
58     digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
59     digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
60     fingerprintVerified = false;
61     relayActivatedByFingerprint = false;
62     client.publish("esp32/kendaraan/status", "Perintah: OFF -> Kendaraan OFF");
63   }
64 }
65
66 void reconnect() {
67   while (!client.connected()) {
68     Serial.print("Menghubungkan ke MQTT...");
69     if (client.connect(client_id, mqtt_username, mqtt_password)) {
70       Serial.println("MQTT terhubung");
71       client.subscribe("esp32/kendaraan/control");
72     } else {
73       Serial.print("Gagal, rc=");
74       Serial.print(client.state());
75       delay(5000);
76     }
77   }
78 }
79
80 void setup() {
81   Serial.begin(115200);
82   Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);

```

```

Penerima | Arduino IDE 2.3.6
File Edit Sketch Tools Help

Penerima.ino
109   if (!client.connected()) {
110     reconnect();
111   }
112   client.loop();
113
114   handleSerialFromNano();
115   handleFingerprint();
116   blinkRedLED();
117 }
118
119 void handleSerialFromNano() {
120   if (Serial2.available()) {
121     String command = Serial2.readStringUntil('\n');
122     command.trim();
123
124     if (command == "LED_ON") {
125       Serial.println("Voice: ON dari Nano");
126       digitalWrite(LED_HIJAU, HIGH);
127       digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
128       digitalWrite(LED_KUNING, HIGH);
129       client.publish("esp32/kendaraan/status", "Pengenal Suara (Voice): ON -> Stater ON");
130       delay(2000);
131       digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
132     } else if (command == "LED_OFF") {
133       Serial.println("Voice: OFF dari Nano");
134       digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
135       digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
136       digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);

```

Penerima | Arduino IDE 2.3.6

File Edit Sketch Tools Help

DOIT ESP32 DEVKIT V1

Penerima.ino

```

136     digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
137     fingerprintVerified = false;
138     relayActivatedByFingerprint = false;
139     client.publish("esp32/kendaraan/status", "Pengenalan Suara (Voice): OFF -> Semua OFF");
140   }
141 }
142 }
143
144 void handleFingerprint() {
145   if (!fingerprintVerified) {
146     if (finger.getImage() == FINGERPRINT_OK &&
147         finger.image2Tz() == FINGERPRINT_OK &&
148         finger.fingerSearch() == FINGERPRINT_OK) {
149       Serial.println("Fingerprint valid!");
150       fingerprintVerified = true;
151       digitalWrite(LED_KUNING, HIGH);
152       client.publish("esp32/kendaraan/status", "Fingerprint valid -> Siap menghidupkan mesin kontak");
153     }
154   } else if (!relayActivatedByFingerprint) {
155     activateRelayFromFingerprint();
156   }
157 }
158
159 void activateRelayFromFingerprint() {
160   Serial.println("Aktifkan Relay via Fingerprint");
161   client.publish("esp32/kendaraan/status", "Mesin telah hidup melalui fingerprint");
162   digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
163   delay(2000);

```

Penerima | Arduino IDE 2.3.6

File Edit Sketch Tools Help

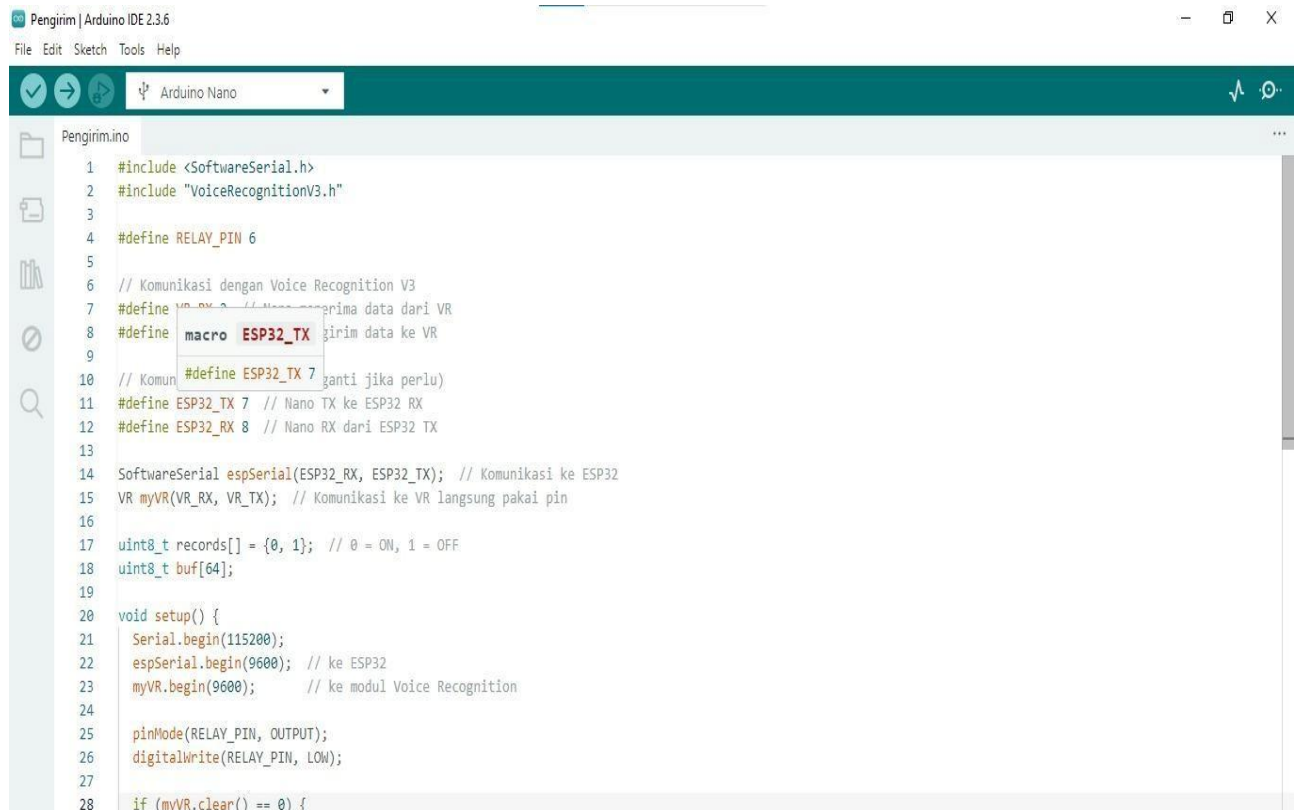
DOIT ESP32 DEVKIT V1

Penerima.ino

```

153   }
154 } else if (!relayActivatedByFingerprint) {
155   activateRelayFromFingerprint();
156 }
157 }
158
159 void activateRelayFromFingerprint() {
160   Serial.println("Aktifkan Relay via Fingerprint");
161   client.publish("esp32/kendaraan/status", "Mesin telah hidup melalui fingerprint");
162   digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
163   delay(2000);
164   digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
165   digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
166   relayActivatedByFingerprint = true;
167 }
168
169 void blinkRedLED() {
170   if (!fingerprintVerified) {
171     if (millis() - lastBlink >= 500) {
172       ledState = !ledState;
173       digitalWrite(LED_MERAH, ledState);
174       lastBlink = millis();
175     }
176   } else {
177     digitalWrite(LED_MERAH, LOW);
178   }
179 }
180

```

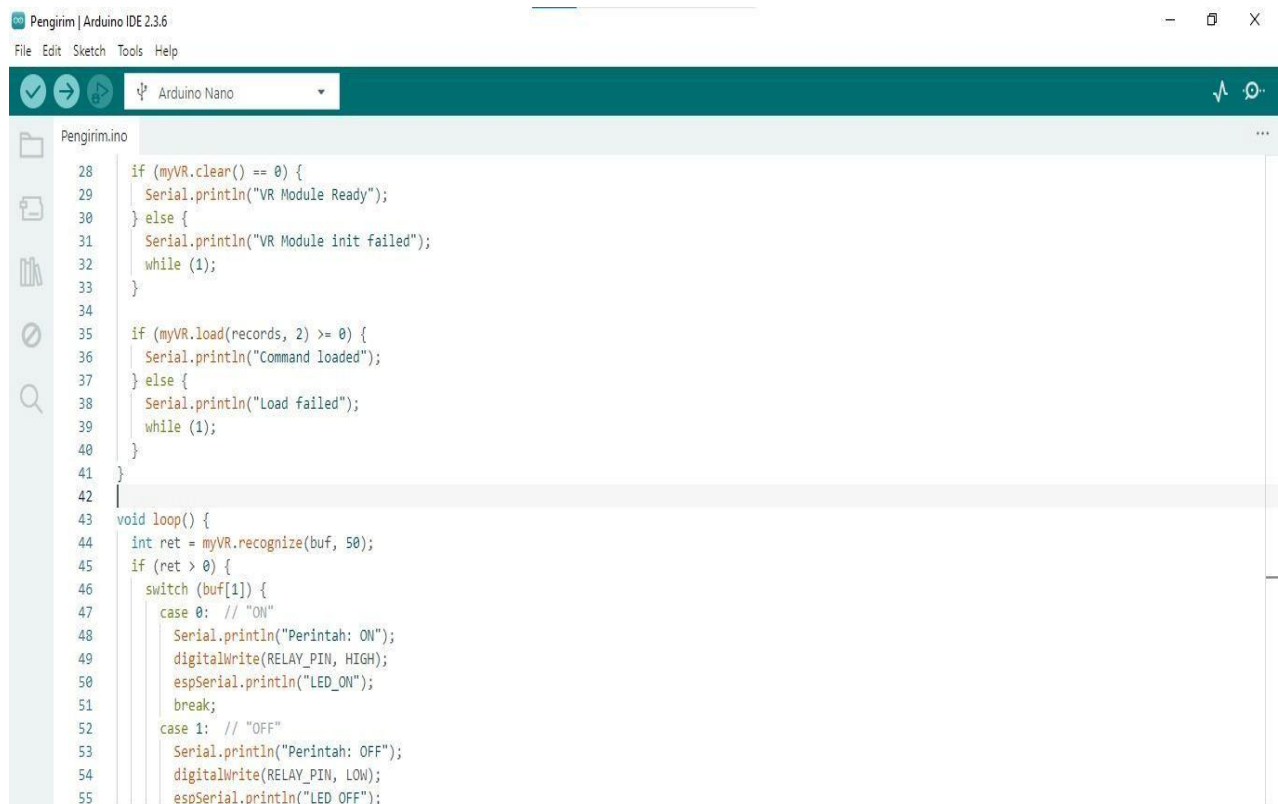


The screenshot shows the Arduino IDE interface with the file 'Pengirim.ino' open. The code includes headers for `SoftwareSerial.h` and `VoiceRecognitionV3.h`. It defines a `RELAY_PIN` as 6 and sets up communication with an ESP32 module. The `setup()` function initializes the serial ports and sets the relay pin as an output. A tooltip for the `macro ESP32_TX` is visible, showing its definition as `#define ESP32_TX 7`.

```

1  #include <SoftwareSerial.h>
2  #include "VoiceRecognitionV3.h"
3
4  #define RELAY_PIN 6
5
6  // Komunikasi dengan Voice Recognition V3
7  #define VR_RX 2 // Nano RX ke ESP32 TX
8  #define VR_TX 3 // Nano TX ke ESP32 RX
9  #define macro ESP32_TX 7 // Nano TX ke ESP32 RX
10 #define ESP32_TX 7 // Nano TX ke ESP32 RX
11 #define ESP32_RX 8 // Nano RX dari ESP32 TX
12
13
14 SoftwareSerial espSerial(ESP32_RX, ESP32_TX); // Komunikasi ke ESP32
15 VR myVR(VR_RX, VR_TX); // Komunikasi ke VR langsung pakai pin
16
17 uint8_t records[] = {0, 1}; // 0 = ON, 1 = OFF
18 uint8_t buf[64];
19
20 void setup() {
21   Serial.begin(115200);
22   espSerial.begin(9600); // ke ESP32
23   myVR.begin(9600); // ke modul Voice Recognition
24
25   pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
26   digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
27
28   if (myVR.clear() == 0) {

```

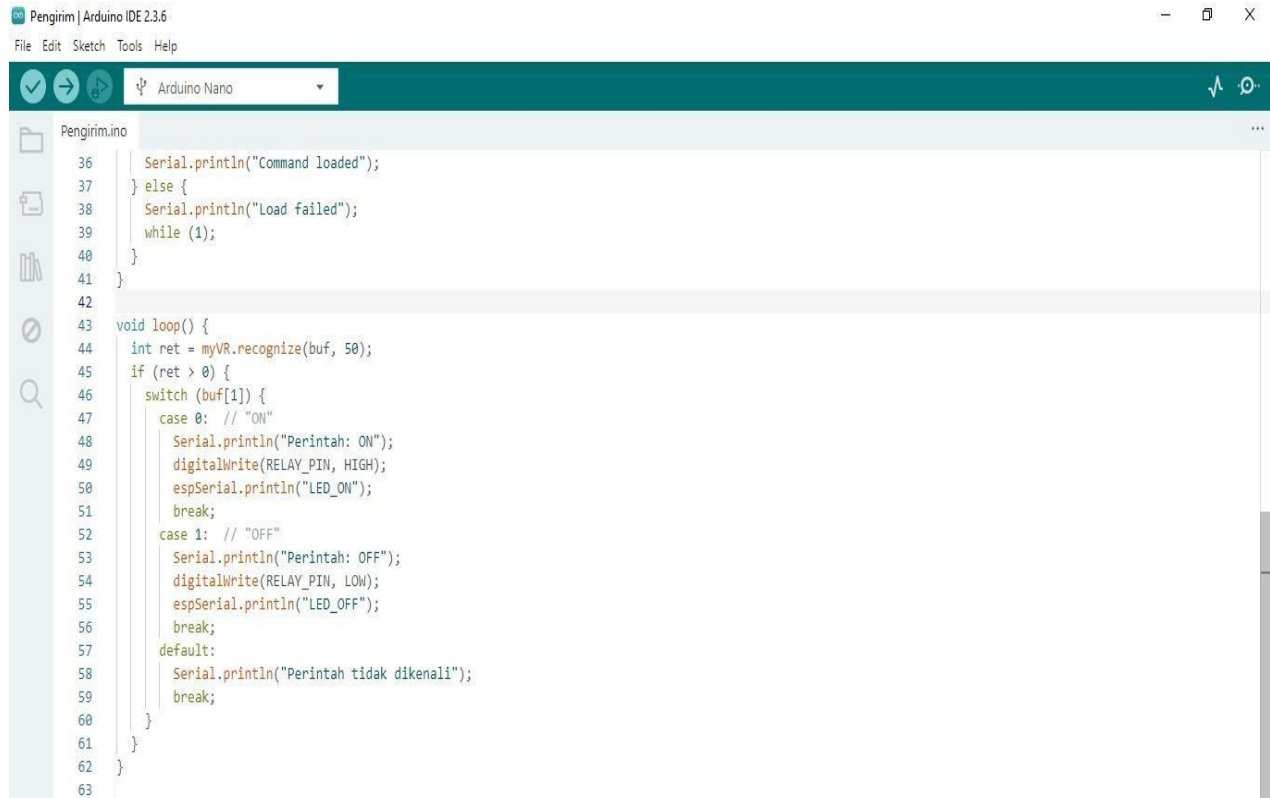


The screenshot shows the continuation of the code in 'Pengirim.ino'. It includes initialization checks for the VR module and a `loop()` function that processes commands received from the ESP32 module. The `loop()` function uses a switch statement to handle 'ON' and 'OFF' commands, updating the relay pin state and sending feedback to the ESP32.

```

28   if (myVR.clear() == 0) {
29     Serial.println("VR Module Ready");
30   } else {
31     Serial.println("VR Module init failed");
32     while (1);
33   }
34
35   if (myVR.load(records, 2) >= 0) {
36     Serial.println("Command loaded");
37   } else {
38     Serial.println("Load failed");
39     while (1);
40   }
41 }
42
43 void loop() {
44   int ret = myVR.recognize(buf, 50);
45   if (ret > 0) {
46     switch (buf[1]) {
47       case 0: // "ON"
48         Serial.println("Perintah: ON");
49         digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
50         espSerial.println("LED_ON");
51         break;
52       case 1: // "OFF"
53         Serial.println("Perintah: OFF");
54         digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
55         espSerial.println("LED_OFF");

```



```
36   Serial.println("Command loaded");
37 } else {
38   Serial.println("Load failed");
39   while (1);
40 }
41 }
42
43 void loop() {
44   int ret = myVR.recognize(buf, 50);
45   if (ret > 0) {
46     switch (buf[1]) {
47       case 0: // "ON"
48         Serial.println("Perintah: ON");
49         digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
50         espSerial.println("LED_ON");
51         break;
52       case 1: // "OFF"
53         Serial.println("Perintah: OFF");
54         digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
55         espSerial.println("LED_OFF");
56         break;
57       default:
58         Serial.println("Perintah tidak dikenali");
59         break;
60     }
61   }
62 }
63
```

ORIGINALITY REPORT

21 %
SIMILARITY INDEX

19 %
INTERNET SOURCES

7 %
PUBLICATIONS

13 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	myusro.id Internet Source	3 %
2	repository.umsu.ac.id Internet Source	2 %
3	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	1 %
4	fikti.umsu.ac.id Internet Source	1 %
5	positori.usu.ac.id Internet Source	1 %
6	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	1 %
7	repository.its.ac.id Internet Source	< 1 %
8	eprints.utdi.ac.id Internet Source	< 1 %
9	Submitted to Telkom University Student Paper	< 1 %

10	eprints.umk.ac.id Internet Source	< 1 %
11	Submitted to Universitas Dinamika Student Paper	< 1 %
12	etd.umy.ac.id Internet Source	< 1 %
13	Submitted to Universitas Gadjah Mada Student Paper	< 1 %
14	www.scriptiebank.be Internet Source	< 1 %
15	Fernando Maesa, Hartono Hartono. "Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Keamanan Sepeda Motor Berbasis IoT dengan Modul GPS Neo-6M dan Sensor Getar SW-420", JURNAL SURYA TEKNIKA, 2025 Publication	< 1 %
16	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	< 1 %
17	eprints.poltektegal.ac.id Internet Source	< 1 %
18	prin.or.id Internet Source	< 1 %
19	doku.pub Internet Source	< 1 %

20	repository.uksw.edu Internet Source	< 1 %
21	123dok.com Internet Source	< 1 %
22	Samsul Arifin. Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia, 2022 Publication	< 1 %
23	Submitted to Universitas Mercu Buana Student Paper	< 1 %
24	es.scribd.com Internet Source	< 1 %
25	lib.fkipuntad.com Internet Source	< 1 %
26	text-id.123dok.com Internet Source	< 1 %
27	publishing-widyagama.ac.id Internet Source	< 1 %
28	dspace.uui.ac.id Internet Source	< 1 %
29	Submitted to Cornell University Student Paper	< 1 %
30	Muhammad Nur Ikhsan, Khoirunnisa Hamidah, Nono Heryana. "Tinjauan Sistematis Literatur tentang Ketersediaan	< 1 %

Layanan Cloud Computing: Keandalan dan Performa", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025

Publication

31	Submitted to Universitas Muhammadiyah Palembang	< 1 %
	Student Paper	
32	repository.dinamika.ac.id	< 1 %
	Internet Source	
33	sis.binus.ac.id	< 1 %
	Internet Source	
34	kc.umn.ac.id	< 1 %
	Internet Source	
35	www.scribd.com	< 1 %
	Internet Source	
36	Leo Gumalto Butarbutar, Djoko Prabowo, Immanuel Jhonson Arizona Saragih. "Rancang Bangun Sistem Pengukur Arus dan Suhu Permukaan Laut Portable Berbasis Internet of Things", Buletin GAW Bariri, 2023	< 1 %
	Publication	
37	edoc.site	< 1 %
	Internet Source	
38	pepadun.fmipa.unila.ac.id	< 1 %
	Internet Source	

39	repository.ibs.ac.id Internet Source	< 1 %
40	Submitted to Institut Teknologi Sumatera Student Paper	< 1 %
41	Submitted to Management & Science University Student Paper	< 1 %
42	Muhammad Zuhdi Sasongko, Sucipto Sucipto. "Desain Prototype IoT Menggunakan Bot Telegram Berbasis Text Recognition", RESEARCH : Journal of Computer, Information System & Technology Management, 2021 Publication	< 1 %
43	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	< 1 %
44	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	< 1 %
45	Yusuf Normawan, Heru Supriyono. "KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS KUNCI RAHASIA APLIKASI ANDROID DAN SISTEM MIKROPROSESOR", Emitter: Jurnal Teknik Elektro, 2019 Publication	< 1 %
46	digilib.unhas.ac.id Internet Source	< 1 %

47	issuu.com Internet Source	< 1 %
48	Submitted to itera Student Paper	< 1 %
49	repository.atmaluhur.ac.id Internet Source	< 1 %
50	repository.universitasbumigora.ac.id Internet Source	< 1 %
51	bamai.uma.ac.id Internet Source	< 1 %
52	repository.unimor.ac.id Internet Source	< 1 %
53	repository.upi.edu Internet Source	< 1 %
54	Submitted to Universitas Bengkulu Student Paper	< 1 %
55	core.ac.uk Internet Source	< 1 %
56	eprints.umg.ac.id Internet Source	< 1 %
57	rama.unimal.ac.id Internet Source	< 1 %
58	repository.uir.ac.id Internet Source	< 1 %

59

statistik.arbeitsagentur.de

Internet Source

< 1 %

60

Indah Purnama Sari, Oris Krianto Sulaiman, Dicky Apdilah. "Implementasi RFID Dalam Perancangan Sistem Absensi Karyawan", Jurnal Minfo Polgan, 2025

Publication

< 1 %

61

Zaenuar Erfandi, Dwi Hartanti, Joni Maulindar. "Implementasi Internet of Things (IoT) Untuk Sistem Pemantauan Kebakaran Dini Dengan Notifikasi Telegram dan Alarm", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2025

Publication

< 1 %

62

ejournal.sisfokomtek.org

Internet Source

< 1 %

63

eprints.uns.ac.id

Internet Source

< 1 %

64

nurulfikri.ac.id

Internet Source

< 1 %

65

openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id

Internet Source

< 1 %

66

solarpowercountry.net

Internet Source

< 1 %

67

www.nn-digital.com

Internet Source

< 1 %

68

www.researchgate.net

Internet Source

< 1 %

69

Ferella Ferella, Solmin Paembonan, Hisma Abduh. "PROTOTYPE SISTEM KONTROL RUMAH PINTAR MENGGUNAKAN KAMERA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025

Publication

< 1 %

70

Puput Indrayani, Sahat Parulian Sitorus, Rahmadani Pane. "Penerapan Internet Of Things Dalam Pemisahan Telur Ayam Di Pt.Nasha Poultry Indonesia", Jurnal Minfo Polgan, 2025

Publication

< 1 %

71

eprints.unram.ac.id

Internet Source

< 1 %

72

jurnalteknik.unisla.ac.id

Internet Source

< 1 %

73

repository.umsu.ac.id

Internet Source

< 1 %

74

repository.teknokrat.ac.id

Internet Source

< 1 %

75

www.coursehero.com

Internet Source

< 1 %

76

www.pa-pemalang.go.id

Internet Source

< 1 %

77

Jefri Lianda, Sandi Irawan, Adam Adam, Wan Muhammad Faizal. "IMPLEMENTASI SENSOR FINGERPRINT DAN GPS SEBAGAI PENGAMAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT", E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika, 2022

Publication

< 1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64
