

**RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM OTOMATIS  
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN  
OPENCV DENGAN AUTENTIKASI QR CODE E-KTM  
MAHASISWA UMSU**

**SKRIPSI**

**DISUSUN OLEH**

**REZA AFRIANSYAH**

**NPM. 2009020160**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2026**

**RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM OTOMATIS  
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN  
OPENCV DENGAN AUTENTIKASI QR CODE E-KTM  
MAHASISWA UMSU**

**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**

**REZA AFRIANSYAH  
NPM. 2009020160**

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

**MEDAN**

**2026**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM  
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO DAN OPENCV DENGAN  
AUTENTIKASI QR CODE E-KTM MAHASISWA  
UMSU

Nama Mahasiswa : REZA AFRIANSYAH

NPM : 2009020160

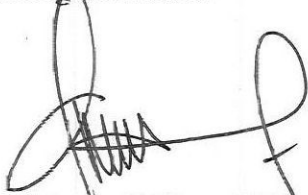
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui  
Komisi Pembimbing



(Mhd. Basri, S.Si., M.Kom)  
NIDN. 0111078802

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)  
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)  
NIDN. 0127099201

# PERNYATAAN ORISINALITAS

## RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN OPENCV DENGAN AUTENTIKASI QR CODE E-KTM MAHASISWA UMSU

### SKRIPSI

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

Medan, 03 Juni 2006

Yang membuat pernyataan



Reza Afriansyah

NPM. 2009020160

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

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

Nama : Reza Afriansyah  
NPM : 2009020160  
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:

**RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM OTOMATIS BERBASIS  
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN OPENCV DENGAN  
AUTENTIKASI QR CODE E-KTM MAHASISWA UMSU**

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, 03 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Reza Afriansyah

NPM. 2009020160

## **RIWAYAT HIDUP**

### **DATA PRIBADI**

Nama Lengkap : Reza Afriansyah  
Tempat dan Tanggal Lahir : Jambi, 11 Juni 1997  
Alamat Rumah : Perumahan Merci, Blok Holland QQ. 26  
Telepon/Faks/HP : 081262684445  
E-mail : rezaafriansyah@gmail.com  
Instansi Tempat Kerja : -  
Alamat Kantor : -

### **DATA PENDIDIKAN**

SD : SDN 014 BULUH KASAP DUMAI TAMAT: 2009  
SMP : SMPS KESATRIA MEDAN TAMAT: 2012  
SMA : SMAS HARAPAN 2 MEDAN TAMAT: 2015

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Loker Helm Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dan OpenCV dengan Autentikasi QR Code e-KTM Mahasiswa UMSU.” Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, dan kekuatan sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
3. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.KOM Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU
4. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU
5. Bapak Dr. Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom selaku Wakil Dekan II Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU

6. Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom, selaku Wakil Dekan III selaku Wakil Dekan II Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU sekaligus pembimbing skripsi penulis, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan yang sangat berarti hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Ibu Fatma Sari Hutagalung, M.Kom Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
8. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi
9. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada kedua orang tua, Bapak Irwansyah dan Ibu Rosmaidar, yang selalu memberikan doa, dorongan semangat, serta dukungan tanpa henti dalam setiap langkah penulis.
10. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada saudara-saudara penulis, baik adik maupun kakak, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Penulis menghargai dukungan dan kebersamaan teman-teman seangkatan yang telah membantu melalui diskusi, kerja sama dan semangat selama penyelesaian tugas akhir ini.
12. Penulis menyampaikan terima kasih kepada setiap pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan ke depan. Penulis berharap karya ini dapat memberi manfaat bagi pembaca serta menjadi rujukan

dalam pengembangan sistem keamanan berbasis mikrokontroler, pemrosesan citra dan autentikasi QR Code di lingkungan pendidikan.

## ABSTRAK

Penggunaan helm sebagai alat pelindung diri mahasiswa sering menghadapi kendala dalam hal keamanan penyimpanan di lingkungan kampus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem loker helm otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan OpenCV dengan autentikasi QR Code e-KTM mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, modul PCA9685 untuk mengatur servo motor sebagai kunci loker, LED RGB sebagai indikator status, serta webcam Logitech C270 HD untuk proses pemindaian QR Code. Pemindaian QR Code dilakukan menggunakan OpenCV dan Pyzbar pada Python, kemudian hasil autentikasi dikirimkan ke Arduino untuk mengontrol servo. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu membaca QR Code dengan akurasi 100% pada kondisi pencahayaan cukup, dengan waktu respon rata-rata 0,001 detik. Sistem juga dilengkapi pencatatan log aktivitas yang memuat informasi waktu dan status loker, sehingga meningkatkan aspek keamanan. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem loker helm otomatis yang dirancang dapat menjadi solusi efektif dalam mendukung keamanan dan kenyamanan mahasiswa dalam menyimpan helm di lingkungan kampus.

**Kata Kunci:** Arduino Uno, OpenCV, QR Code, e-KTM, Loker Helm Otomatis

## ABSTRACT

The use of helmets as personal protective equipment for students often faces challenges regarding storage security on campus. This study aims to design and develop an automatic helmet locker system based on the Arduino Uno microcontroller and OpenCV with QR Code e-KTM authentication for students of Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. The system employs Arduino Uno as the main controller, a PCA9685 module to control the servo motor as the locker lock, RGB LEDs as status indicators, and a Logitech C270 HD webcam for QR Code scanning. QR Code authentication is performed using OpenCV and Pyzbar in Python, and the results are sent to the Arduino to control the servo. Experimental results show that the system can successfully read QR Codes with 100% accuracy under sufficient lighting conditions, with an average response time of 0.001 seconds. The system also includes an activity log feature that records time and locker status, thereby enhancing security. This study demonstrates that the designed automatic helmet locker system is an effective solution to support security and convenience for students in storing helmets on campus.

**Keywords:** Arduino Uno, OpenCV, QR Code, e-KTM, Automatic Helmet Locker

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Konsep Sistem Loker Otomatis .....	6
2.1.2 Mikrokontroler dan Arduino Uno.....	7
2.1.3 Kontrol Servo dan PCA9685.....	9
2.1.4 Pemrosesan Citra dengan OpenCV .....	11
2.1.5 Autentikasi Berbasis <i>QR Code</i> .....	11
2.1.6 Integrasi e-KTM dalam Sistem.....	13
2.1.7 Keamanan Data.....	15
2.1.8 Monitoring Riwayat dan Log Aktivitas .....	16
2.2 Penelitian Terdahulu.....	17
2.3 Pembaharuan Penelitian .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Kerangka Berpikir .....	22
3.3 Alat dan Bahan .....	24
3.4 Pengembangan dan Pengujian Sistem.....	25
3.4.1 Analisis Kebutuhan .....	25
3.4.2 Perancangan Sistem .....	25
3.4.2.1 Diagram Blok Sistem.....	26
3.4.2.2 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	26
3.4.3 Implementasi Sistem.....	28
3.4.3.1 Pemrograman Arduino .....	28
3.4.3.2 Pengembangan Aplikasi Python.....	29
3.4.3.3 Struktur File Program.....	29
3.4.3.4 Integrasi Sistem.....	30
3.4.4 Pengujian Sistem .....	30

3.4.4.1 Pengujian Fungsional.....	30
3.4.4.2 Pengujian Kinerja.....	31
3.4.4.3 Pengujian Keamanan.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Hasil Gambaran Umum Prototipe Sistem Loker Helm Otomatis .....	32
4.2 Hasil Rancangan Penelitian .....	33
4.2.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras .....	33
4.2.2 Hasil Rancangan Perangkat Lunak .....	38
4.3 Hasil Pengujian.....	41
4.4 Kendala dan Solusi Penelitian .....	45
4.5 Cara Kerja Penyimpanan Helm Otomatis .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	18
Tabel 3.1 Alat & Bahan .....	24
Tabel 3.2 Tabel Struktur File Program Sistem Loker Helm Otomatis.....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fungsional .....	42
Tabel 4.2 Waktu Respon Sistem .....	42
Tabel 4.3 Akurasi Pemindaian .....	43
Tabel 4.4 Pengujian Akses Tidak Sah.....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino Uno .....	8
Gambar 2.2 PIN Arduino Uno.....	8
Gambar 2.3 Micro Servo .....	10
Gambar 2.4 PCA9685 .....	10
Gambar 2.5 Aplikasi UMSU Mobile.....	14
Gambar 3.1 Kerangka Berpikir .....	22
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem .....	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem Loker Helm.....	27
Gambar 4.1 Hasil Prototipe Loker Helm Otomatis .....	32
Gambar 4.2 Diagram Wiring Loker Helm.....	34
Gambar 4.3 Tampilan (a) Depan, (b) Belakang Prototipe Loker .....	36
Gambar 4.4 Tampilan Loker Dengan Led Aktif.....	37
Gambar 4.5 Tampilan (a) Servo dan Kunci Geser, (b) Buzzer Prototipe Loker.....	37
Gambar 4.6 Tampilan Menu Awal Sistem Loker Helm Otomatis.....	38
Gambar 4.7 Tampilan Kodingan .....	39
Gambar 4.8 Tampilan Pemindaian QR Mahasiswa Melalui Aplikasi .....	40
Gambar 4.9 Tampilan Aplikasi QR Scanner Data Loker .....	40
Gambar 4.10 Tampilan Aplikasi QR Scanner Log Aktivitas.....	41
Gambar 4.11 Tampilan Pengujian Akurasi Pemindaian .....	43
Gambar 4.12 Tampilan Akses QR Tidak Sah .....	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Keamanan barang pribadi, terutama helm, menjadi permasalahan umum yang dihadapi oleh pengendara kendaraan roda dua di berbagai tempat parkir. Pencurian helm sering terjadi akibat lemahnya sistem keamanan serta kurangnya pengawasan yang efektif dari petugas parkir (Demita et al., 2024). Berbagai metode keamanan telah diterapkan, mulai dari penggunaan rantai hingga penitipan manual, namun kasus kehilangan helm masih sering terjadi.

Di lingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), belum tersedia sistem keamanan helm otomatis yang dapat mencegah pencurian secara efektif. Saat ini, mahasiswa lebih memilih membawa helm mereka ke dalam kelas untuk menghindari kehilangan. Metode keamanan yang tersedia masih mengandalkan sistem konvensional, seperti gembok atau pengawasan manual, yang memiliki keterbatasan dalam mencegah pencurian (Hadiansyah et al., 2020).

Mahasiswa UMSU menghadapi beberapa kendala akibat tidak adanya sistem keamanan helm yang efektif. Mereka harus membawa helm ke dalam ruang kelas, yang mengurangi kenyamanan selama perkuliahan. Selain itu, banyak mahasiswa merasa tidak yakin akan keamanan helm mereka ketika ditinggalkan di area parkir tanpa sistem penyimpanan yang memadai. Dalam beberapa kasus, kehilangan helm juga menyebabkan kerugian finansial bagi mahasiswa, terutama bagi mereka yang menggunakan helm dengan harga cukup mahal (Adinda, 2023).

Permasalahan ini disebabkan oleh sistem keamanan konvensional yang masih lemah, di mana helm hanya diamankan menggunakan gembok atau ditempatkan di

parkiran tanpa perlindungan tambahan. Selain itu, tidak adanya sistem identifikasi pengguna menyebabkan siapa saja dapat mengambil helm tanpa izin, sehingga meningkatkan risiko pencurian. Hingga saat ini, belum tersedia loker khusus dengan sistem keamanan modern yang terintegrasi dengan identitas mahasiswa, sehingga mahasiswa tidak memiliki pilihan lain selain membawa helm mereka ke dalam kelas atau meninggalkannya dengan risiko kehilangan (Luthfi et al., 2022).

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan mengembangkan sistem keamanan yang lebih efektif, efisien dan mudah digunakan oleh mahasiswa. Salah satu solusi yang memungkinkan adalah penggunaan loker helm otomatis berbasis *QR Code* e-KTM, yang memungkinkan autentikasi mahasiswa secara cepat dan aman. Penggunaan *QR Code* lebih unggul dibandingkan metode lainnya, seperti *RFID* atau *PIN*, karena lebih hemat biaya, tidak memerlukan perangkat tambahan seperti kartu *RFID* dan dapat diintegrasikan langsung dengan sistem identitas mahasiswa di kampus (Pratomo et al., 2020). Selain itu, sistem ini juga lebih aman dibandingkan metode *Internet of Things (IoT)* berbasis internet, karena tidak bergantung pada koneksi jaringan yang rentan terhadap serangan siber (Najib et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem loker helm otomatis berbasis mikrokontroler Arduino dan *OpenCV Python* dengan autentikasi *QR Code* e-KTM mahasiswa UMSU. Sistem ini akan memungkinkan mahasiswa untuk menyimpan helm mereka secara aman tanpa harus membawanya ke dalam kelas. Dengan mengintegrasikan teknologi pemindaian *QR Code*, kontrol servo berbasis PCA9685 dan mekanisme autentikasi berbasis e-KTM, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi

inovatif yang lebih aman dan efisien dibandingkan metode konvensional serta berkontribusi dalam meningkatkan keamanan barang mahasiswa dan memperkaya kajian akademik dalam bidang sistem keamanan berbasis mikrokontroler.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan Latar Belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem loker helm otomatis berbasis Arduino dengan autentikasi e-KTM yang dapat memvalidasi identitas pengguna dan mencegah penyalahgunaan akses di lingkungan UMSU?
2. Bagaimana mengintegrasikan teknologi Arduino dan *OpenCV* untuk pemrosesan *QR Code* e-KTM secara akurat dan efisien?

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk memastikan penelitian lebih terfokus dan terarah serta mengatasi kompleksitas topik yang diteliti, peneliti menetapkan parameter variabel yang akan diteliti sebagai berikut:

1. *QR Code* yang digunakan dalam proses autentikasi berasal dari e-KTM mahasiswa yang ditampilkan melalui aplikasi resmi UMSU (UMSU Mobile).
2. Proses pembacaan *QR Code* dilakukan menggunakan webcam dan diolah dengan *OpenCV* sebagai pemrosesan citra untuk mendeteksi dan membaca *QR Code* e-KTM mahasiswa, kemudian hasilnya digunakan untuk mengontrol Arduino dalam membuka atau menutup loker.

3. Sistem loker yang dibangun merupakan loker khusus untuk penyimpanan helm bagi mahasiswa di lingkungan kampus UMSU, dan dalam penelitian ini diwujudkan dalam bentuk prototipe yang terdiri dari empat buah loker dengan ukuran masing-masing  $15 \times 15$  cm.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan Batasan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang Sistem Loker Helm Otomatis menggunakan Arduino Uno dan *OpenCV Python* untuk autentikasi *QR Code* e-KTM mahasiswa UMSU.
2. Mengintegrasikan *OpenCV* dengan Autentikasi e-KTM untuk pemindaian *QR Code* secara akurat.
3. Mengembangkan Sistem Multi-Servo berbasis PCA9685 untuk kendali otomatis loker.
4. Menguji Kinerja Sistem melalui pengujian fungsional, kinerja dan keamanan.
5. Menyediakan Solusi Keamanan Helm dengan sistem loker otomatis yang aman dan efisien di lingkungan kampus UMSU.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis, praktis dan sosial sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi teoritis terhadap pengembangan sistem keamanan berbasis autentikasi *QR Code* dan pemrosesan citra menggunakan *OpenCV*.
2. Menjadi referensi penelitian lanjutan tentang implementasi sistem keamanan otomatis berbasis Arduino dan *OpenCV Python*.

3. Mendukung pengembangan sistem keamanan kampus yang terintegrasi dengan e-KTM mahasiswa.
4. Meningkatkan efisiensi proses penyimpanan helm dengan sistem autentikasi otomatis.
5. Memberikan solusi praktis yang mudah diterapkan dan bermanfaat bagi keamanan mahasiswa di lingkungan kampus.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Penelitian ini didukung oleh beberapa teori, antara lain sebagai berikut:

##### **2.1.1 Konsep Sistem Loker Otomatis**

Sistem loker otomatis merupakan pengembangan dari sistem penyimpanan konvensional yang selama ini menggunakan kunci fisik sebagai media pengaman. Kelemahan utama dari sistem konvensional terletak pada rentanannya terhadap kehilangan kunci, pemalsuan dan keterbatasan dalam pemantauan akses pengguna. Untuk menjawab tantangan tersebut, berbagai inovasi telah dikembangkan melalui penerapan teknologi otomatisasi dan digitalisasi berbasis mikrokontroler serta integrasi *Internet of Things (IoT)*.

Fitri et al. (2024) mengembangkan sistem loker berbasis ESP32-CAM yang memindai *QR Code* sebagai metode autentikasi, serta dilengkapi sensor ultrasonik dan aplikasi monitoring berbasis Kodular untuk menampilkan status loker secara *real-time*. Luthfi et al. (2022) merancang sistem serupa menggunakan NodeMCU ESP32 yang dikendalikan melalui aplikasi Android, dilengkapi PIN akses dan notifikasi digital. Qomaruddin et al. (2020) menunjukkan sistem berbasis *Raspberry Pi* dengan kamera yang mampu membuka loker secara otomatis melalui pembacaan *QR Code* pada jarak 4–5 cm.

Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem loker otomatis merupakan solusi inovatif yang menggantikan sistem penyimpanan manual dengan pendekatan yang lebih aman, efisien dan dapat diintegrasikan dengan teknologi autentikasi berbasis *QR Code*, pemantauan digital, serta sistem

notifikasi. Peran mikrokontroler, kamera, sensor serta perangkat lunak pendukung menjadi elemen penting dalam merealisasikan sistem keamanan yang responsif terhadap kebutuhan pengguna masa kini.

### **2.1.2 Mikrokontroler dan Arduino Uno**

Mikrokontroler merupakan komponen inti dalam sistem *embedded* yang berfungsi sebagai otak dari sebuah sistem elektronik otomatis. Secara umum, mikrokontroler memiliki komponen utama seperti *Central Processing Unit (CPU)*, memori, port input/output, *timer*, serta konverter analog-digital (*ADC*) yang terintegrasi dalam satu chip. Kemampuan mikrokontroler untuk menerima sinyal dari berbagai sensor, memproses data secara *real-time* dan mengendalikan aktuator menjadikannya sangat penting dalam pengembangan sistem otomasi dan keamanan digital.

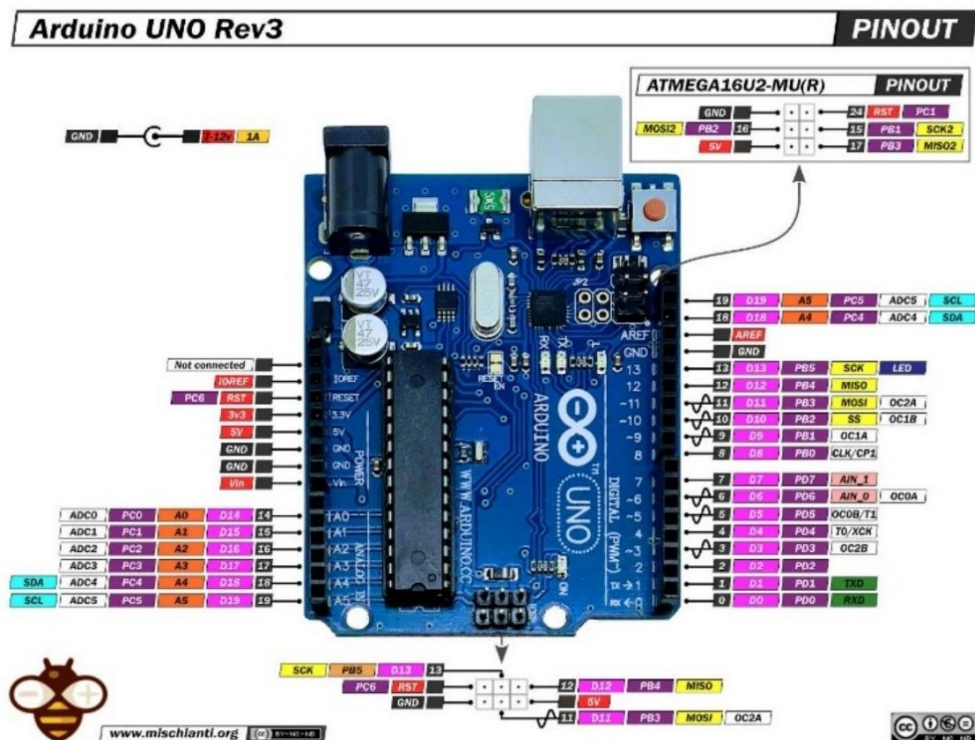
Salah satu mikrokontroler yang paling banyak digunakan dalam skala pendidikan, penelitian dan industri ringan adalah Arduino Uno, yaitu papan mikrokontroler berbasis *ATmega328*. Arduino Uno memiliki 14 pin digital I/O (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 input analog, serta komunikasi *USB serial* yang memungkinkan koneksi langsung dengan komputer. Arduino bersifat *open-source* baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses dokumentasi, mengembangkan program menggunakan bahasa C yang disederhanakan dan mengunggahnya melalui *Arduino IDE*.



Gambar 2.1 Arduino Uno

Sumber: Unsplash.com

Berikut ilustrasi tata letak pin dari Arduino Uno yang dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 PIN Arduino Uno

Sumber: <https://mischianti.org>

Samsugi et al. (2020) menunjukkan bahwa Arduino Uno dapat digunakan sebagai pengendali utama dalam sistem irigasi otomatis, di mana mikrokontroler memproses data dari sensor ultrasonik untuk mengatur motor servo membuka atau menutup pintu air secara otomatis. Sementara itu, Yusuf et al. (2020) menerapkan

Arduino Uno dalam sistem keamanan pintu otomatis dengan modul RF Remote, *solenoid door lock*, motor servo dan *buzzer* sebagai alarm saat terjadi akses ilegal. Kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa Arduino Uno mampu mengolah input secara cepat, mengendalikan berbagai perangkat secara bersamaan serta efektif diterapkan dalam sistem otomatisasi yang membutuhkan respons *real-time*.

Kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa Arduino Uno memiliki peran sentral dalam sistem kontrol otomatis karena kestabilannya dalam pengolahan sinyal dan fleksibilitas integrasi dengan berbagai modul sensor dan aktuator. Dalam konteks sistem keamanan loker otomatis, Arduino Uno dapat digunakan sebagai pengontrol utama untuk membaca hasil pemindaian autentikasi *QR Code*, mengatur posisi servo pada pintu loker, serta mengelola indikator LED atau *buzzer* sebagai penanda status sistem.

### **2.1.3 Kontrol Servo dan PCA9685**

Dalam sistem otomasi seperti loker pintar, kontrol aktuator menjadi aspek krusial untuk memastikan respons yang presisi terhadap perintah pembukaan atau penguncian. Salah satu jenis aktuator yang umum digunakan adalah servo motor, yang memiliki keunggulan dalam pengaturan posisi sudut dengan akurasi tinggi. Servo motor bekerja berdasarkan sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)*, di mana variasi durasi pulsa menentukan sudut rotasi yang dicapai. Untuk mengendalikan lebih dari satu servo secara efisien dan serempak, diperlukan modul pengontrol PWM eksternal seperti PCA9685.

PCA9685 merupakan modul 16-channel 12-bit PWM berbasis komunikasi I2C yang mampu mengontrol hingga 16 perangkat servo atau LED secara bersamaan hanya dengan dua pin dari mikrokontroler. Modul ini sangat cocok digunakan

dalam proyek berskala menengah hingga besar, seperti sistem loker multi-kompartemen atau lengan robot. Dalam penelitian Paryanto et al. (2024), PCA9685 digunakan bersama ESP32 untuk mengendalikan lima buah servo motor MG996R dan MG90S secara bersamaan dalam sistem lengan robot berbasis *IoT*. Pengujian menunjukkan bahwa PCA9685 mampu menghasilkan sinyal PWM dengan presisi stabil menggunakan frekuensi 50 Hz, meskipun mengalami sedikit *latency* ketika dikendalikan secara jarak jauh melalui Firebase Realtime Database.



Gambar 2.3 Micro Servo



Gambar 2.4 PCA9685

Sumber: <https://www.freepik.com>

Sementara itu, dalam konteks pengamanan loker, Fitri et al. (2024) mengembangkan sistem loker berbasis ESP32 dan *QR Code* yang menggunakan solenoid door lock sebagai aktuator utama. Namun, sistem ini juga melibatkan prinsip kerja PWM untuk mengatur indikator LED sebagai *feedback* visual status loker. Meskipun tidak secara jelas menggunakan PCA9685, desain ini menunjukkan pentingnya pengaturan sinyal PWM dalam mengelola berbagai *output* perangkat elektronik secara bersamaan.

Penggunaan PCA9685 memberikan fleksibilitas dan efisiensi tinggi dalam pengendalian banyak perangkat berbasis PWM, menjadikannya solusi yang sangat tepat untuk sistem seperti loker pintar dengan banyak servo, yang membutuhkan kontrol simultan dan sinkronisasi presisi terhadap masing-masing aktuator.

#### **2.1.4 Pemrosesan Citra dengan OpenCV**

Pemrosesan citra digital adalah teknik untuk mengolah gambar menggunakan algoritma komputer guna mengekstraksi informasi visual dari lingkungan nyata. Salah satu pustaka yang paling banyak digunakan dalam bidang ini adalah *OpenCV (Open Source Computer Vision Library)*, yang mendukung berbagai fungsi seperti deteksi wajah, pelacakan objek, pengenalan pola, serta pengolahan warna secara *real-time*.

Dalam konteks sistem keamanan loker berbasis *QR Code*, OpenCV berperan penting dalam membaca dan mengidentifikasi pola citra dari kamera, seperti *QR Code*, dengan mengandalkan kamera ESP32-CAM. Sulistiyowati et al. (2024) dalam penelitiannya mengembangkan sistem penyortiran objek menggunakan kamera ESP32 berbasis OpenCV yang mampu mendeteksi warna RGB dan mengklasifikasikan objek berdasarkan nilai *HSV (Hue, Saturation, Value)*. Data warna dari objek kemudian diproses dengan teknik morfologi untuk menghilangkan noise sebelum hasilnya ditampilkan secara *real-time* melalui software Python. Hasilnya menunjukkan bahwa OpenCV dapat membedakan objek dengan akurasi tinggi, khususnya warna hijau (100%), serta merah dan biru (80%).

Pemrosesan citra berbasis OpenCV menjadi fondasi penting dalam sistem autentikasi visual yang cepat dan akurat. Integrasi antara kamera, software Python, dan algoritma pengolahan citra memungkinkan pengembangan sistem loker pintar yang responsif, efisien dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

#### **2.1.5 Autentikasi Berbasis *QR Code***

*QR Code (Quick Response Code)* merupakan teknologi representasi data dua dimensi yang dapat menyimpan berbagai informasi, seperti teks, tautan, hingga data

terenkripsi. Dibandingkan dengan kode batang satu dimensi, *QR Code* memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar, toleransi kerusakan lebih tinggi, serta kecepatan pemindaian yang lebih efisien. Teknologi ini semakin umum digunakan dalam berbagai sistem digital, termasuk sistem autentikasi akses pada perangkat dan ruang terbatas.

Dalam konteks sistem keamanan, *QR Code* digunakan sebagai metode autentikasi yang efisien dan cepat. Fitri et al. (2024) dalam penelitiannya mengenai Implementasi Sistem Keamanan *IoT* Berbasis *QR Code* pada Loker menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan keamanan dan aksesibilitas sistem loker. Sistem ini menggunakan webcam sebagai pemindai *QR Code*, yang terhubung dengan solenoid lock untuk mengontrol akses secara otomatis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *QR Code* dapat diandalkan untuk memverifikasi identitas pengguna dengan akurasi tinggi dan respons yang cepat.

Autentikasi berbasis *QR Code* dilakukan dengan proses verifikasi berbasis pencocokan data *QR Code* yang dipindai dengan database yang tersimpan di server atau perangkat lokal. Jika data tersebut valid, sistem akan memberikan akses, seperti membuka kunci loker atau mengaktifkan perangkat tertentu.

Keunggulan utama dari sistem autentikasi berbasis *QR Code* meliputi:

1. Kecepatan dan Kemudahan Pemindaian: *QR Code* dapat dipindai dengan cepat tanpa memerlukan kontak fisik, sehingga mengurangi risiko keausan perangkat.
2. Biaya Implementasi yang Rendah: Tidak memerlukan perangkat keras khusus selain kamera atau pemindai optik standar.

3. Fleksibilitas dan Skalabilitas: Dapat diintegrasikan dengan berbagai sistem dan mudah diperbarui tanpa perubahan fisik pada perangkat keras.

Namun, tantangan yang dihadapi meliputi potensi pemalsuan *QR Code* dan ketergantungan pada kualitas pemindaian. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keamanan, *QR Code* sering dikombinasikan dengan enkripsi data dan sistem verifikasi ganda (*two-factor authentication*) dalam implementasi sistem keamanan modern.

### **2.1.6 Integrasi e-KTM dalam Sistem**

Kartu Tanda Mahasiswa Elektronik (e-KTM) merupakan pengembangan dari kartu identitas mahasiswa konvensional yang telah dilengkapi dengan teknologi smart card atau kode digital seperti RFID atau *QR Code*. Integrasi e-KTM dalam sistem akses digital memungkinkan pengguna mengakses layanan tertentu, seperti sistem keamanan, perpustakaan, parkir dan penyimpanan barang secara otomatis dan terverifikasi.

Menurut Widodo et al. (2016), e-KTM berbasis *contactless smart card* telah digunakan sebagai media autentikasi pada sistem parkir kampus, menggunakan RFID yang dipindai oleh pembaca otomatis di gerbang masuk dan keluar. Sistem ini dikendalikan oleh Arduino Mega dan mencatat data pengguna dalam basis data terpusat, dengan waktu autentikasi rata-rata 2,95 detik. Dilengkapi sensor inframerah dan kamera IP, sistem mampu memantau aktivitas secara real-time. Pendekatan serupa diterapkan oleh Hadiansyah et al. (2020) melalui aplikasi MyLocker yang memanfaatkan *QR Code* unik pada loker terintegrasi dengan aplikasi Android dan dashboard website berbasis *IoT*. Pengguna memindai *QR Code* untuk membuka kunci solenoid, sementara admin dapat memantau

penggunaan locker secara real-time. Penelitian-penelitian ini membuktikan bahwa integrasi e-KTM dengan mikrokontroler dan platform digital dapat meningkatkan efisiensi, mempercepat autentikasi dan menjaga keamanan data serta akses pengguna.

Dalam konteks penelitian ini, integrasi e-KTM dilakukan dengan memanfaatkan *QR Code* yang tersedia dalam aplikasi resmi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yaitu *UMSU Mobile*, yang dapat diakses melalui perangkat Android maupun iOS. Setiap mahasiswa memiliki *QR Code* unik yang berfungsi sebagai identitas digital dan digunakan sebagai media autentikasi untuk mengakses sistem locker helm otomatis. Sistem membaca *QR Code* menggunakan webcam dan memprosesnya melalui OpenCV Python tanpa memerlukan koneksi internet (*non-IoT*). Data hasil pemindaian kemudian divalidasi secara lokal dan dicatat ke dalam file log berformat .txt, sehingga menjamin efisiensi, kecepatan, serta keamanan proses autentikasi. Pendekatan ini membuktikan bahwa e-KTM digital berbasis *QR Code* dari aplikasi mobile dapat diintegrasikan secara praktis dan aman ke dalam sistem kontrol akses berbasis mikrokontroler.



Gambar 2.5 Aplikasi UMSU Mobile

### 2.1.7 Keamanan Data

Keamanan data dalam sistem embedded merupakan aspek krusial untuk memastikan bahwa akses terhadap sistem hanya dilakukan oleh pengguna yang sah. Pada sistem loker helm otomatis berbasis *QR Code* ini, pendekatan keamanan difokuskan pada proses validasi data secara lokal serta pencatatan aktivitas autentikasi pengguna untuk keperluan audit.

*QR Code* yang tertanam pada e-KTM mahasiswa digunakan sebagai kunci digital yang dipindai menggunakan kamera (webcam) dan diproses melalui pustaka OpenCV. Data hasil pemindaian kemudian dicocokkan dengan data referensi yang tersimpan dalam berkas teks (*file.txt*) sebagai basis data lokal. Pendekatan ini memungkinkan sistem bekerja secara mandiri tanpa koneksi internet, sehingga lebih tahan terhadap serangan siber yang umum pada sistem berbasis cloud (Najib et al., 2024).

Penyimpanan lokal menawarkan keunggulan seperti efisiensi proses, kecepatan akses dan kontrol penuh terhadap data. Namun, hal ini juga menuntut manajemen berkas yang baik untuk mencegah manipulasi atau kerusakan data. Oleh karena itu, sistem dirancang untuk hanya membaca dan menyimpan data melalui mekanisme terstruktur, serta disertai pencatatan riwayat autentikasi dalam bentuk log aktivitas.

Qomaruddin et al. (2020) juga menekankan pentingnya verifikasi *QR Code* dalam sistem keamanan berbasis Raspberry Pi. Meskipun sistem mereka terhubung ke jaringan, autentikasi tetap mengandalkan pencocokan kode unik terhadap basis data yang telah terdaftar. Hal ini menunjukkan bahwa validasi lokal dapat tetap efektif asalkan dikelola secara sistematis dan aman.

Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya menghindari ketergantungan pada koneksi internet, tetapi juga menjaga integritas data melalui verifikasi yang cermat, disertai dengan notifikasi *buzzer* dan pencatatan log sebagai bentuk deteksi terhadap akses tidak sah.

### **2.1.8 Monitoring Riwayat dan Log Aktivitas**

Monitoring aktivitas dan pencatatan riwayat akses merupakan fitur penting dalam sistem keamanan, khususnya pada sistem kontrol akses berbasis *QR Code*. Fungsi utama pencatatan log adalah untuk menelusuri riwayat penggunaan, mengidentifikasi percobaan akses ilegal, serta memberikan tanggung jawab yang jelas terhadap penggunaan sistem.

Menurut Habibi dan Nasir (2024), *sistem smart lock door* berbasis *IoT* dan *RFID* dikembangkan dengan fitur *user monitor* yang mencatat setiap aktivitas percobaan akses loker. Data dicatat dalam database *MySQL*, mencakup informasi pengguna, waktu akses dan hasil autentikasi. Sistem ini juga menampilkan data melalui tampilan antarmuka monitoring. Fitri et al. (2024) menambahkan bahwa pencatatan aktivitas pada sistem keamanan *QR Code* dapat diintegrasikan dengan indikator visual seperti *LED*, serta ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi *Kodular*. Sistem tersebut memanfaatkan *ESP32-CAM* dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek dalam loker, yang kemudian direkam dan ditampilkan dalam aplikasi berbasis *smartphone*, memberikan pengalaman monitoring yang informatif dan interaktif bagi pengguna.

Berbeda dengan sistem yang berbasis *IoT*, dalam penelitian ini monitoring riwayat aktivitas dilakukan secara lokal menggunakan *file.txt*. Setiap hasil

pemindaian *QR Code* yang valid akan dicatat ke dalam file log bersama informasi waktu dan status akses. Format log disusun agar mudah dibaca, seperti:

```
[2025-04-10 09:15:21] QR Code: 2009020160 | Status: Berhasil | Akses: Buka Loker 3
```

Pendekatan ini memberikan efisiensi dan kesederhanaan dalam implementasi tanpa bergantung pada koneksi internet atau server eksternal.

Sistem ini juga dilengkapi dengan *buzzer* dan LED RGB sebagai indikator aktivitas. LED menyala hijau ketika akses berhasil dan merah jika akses gagal, sementara *buzzer* memberikan umpan balik suara untuk memastikan pengguna mengetahui status autentikasi.

Dengan kombinasi file log lokal, indikator LED dan *buzzer*, sistem mampu memberikan *feedback* langsung sekaligus mencatat semua aktivitas sebagai langkah pencegahan terhadap penyalahgunaan akses. Pendekatan ini sederhana namun efektif dalam meningkatkan keamanan dan transparansi sistem kontrol akses berbasis *QR Code*.

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memerlukan referensi atau kajian terkait untuk menghindari duplikasi dan plagiarisme. Penelitian sebelumnya digunakan sebagai bahan perbandingan serta acuan utama. Selain itu, untuk memahami persamaan dan perbedaannya dengan penelitian ini, penulis menyajikan hasil-hasil penelitian terdahulu berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian ini
1	Adjie Bhawadzier (2024)	Sistem Security dan Monitoring Loker Berbasis IoT	Menggunakan RFID dan Solenoid Door Lock untuk membuka loker dan ESP32-CAM untuk mengambil gambar dalam loker, lalu dikirim ke Telegram. Sistem memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui IoT.	Penelitian ini tidak menggunakan IoT dan tidak terhubung ke Telegram, serta menerapkan <i>QR Code</i> berbasis e-KTM UMSU dengan PCA9685 untuk multi-servo.
2	Fahri Arvin Habibi (2024)	Implementasi Sistem IoT Smart Lock Door Menggunakan Sensor RFID pada Loker Mess Puslatpur	Menggunakan RFID dan IoT untuk keamanan loker dengan fitur fingerprint sensor dan user monitor yang mencatat semua aktivitas pembukaan loker.	Penelitian ini menggunakan <i>QR Code</i> tanpa koneksi internet, lebih hemat daya dan mengintegrasikan e-KTM berbasis <i>QR Code</i> .
3	Farhan Fajar Luthfi (2022)	Sistem Keamanan pada Loker Berbasis IoT	Menggunakan NodeMCU ESP32, Solenoid Door Lock dan Firebase untuk mengontrol loker via aplikasi Android dengan autentikasi PIN 4-digit.	Penelitian ini tidak menggunakan aplikasi Android atau Firebase, tetapi menggunakan <i>QR Code</i> e-KTM dan OpenCV Python untuk pemrosesan citra.
4	Fitri (2024)	Implementasi Sistem Keamanan IoT Berbasis <i>QR Code</i> pada Loker	Menggunakan ESP32-CAM dan Solenoid Door Lock, serta memiliki monitoring <i>real-time</i> melalui aplikasi Kodular.	Penelitian ini tidak memiliki fitur monitoring <i>real-time</i> melalui aplikasi dan menerapkan multi-servo PCA9685 untuk kendali loker.
5	Moch Nur Qomaruddin (2020)	Prototype Sistem Pengaman Loker	Menggunakan Raspberry Pi dan Kamera untuk membaca <i>QR</i>	Penelitian ini tidak menggunakan Raspberry Pi atau koneksi internet,

No	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian ini
		Penyimpanan Otomatis dengan <i>QR Code</i> dan IoT	<i>Code</i> , serta terhubung ke internet untuk pengelolaan data.	tetapi memanfaatkan Arduino Uno dan PCA9685 untuk multi-servo tanpa IoT.

### 2.3 Pembaharuan Penelitian

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu, penelitian ini menghadirkan beberapa pembaharuan yang signifikan untuk meningkatkan efektivitas sistem keamanan loker helm otomatis. Adapun pembaharuan yang dilakukan meliputi:

1. Fokus pada Loker Helm di Kampus: Dikembangkan khusus untuk keamanan helm mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Autentikasi *QR Code* dengan *OpenCV*: Menggunakan e-KTM berbasis *QR Code* dan *OpenCV Python* untuk meningkatkan akurasi pemindaian.
3. Arduino Uno dengan *Webcam* sebagai Pengontrol: Menggunakan Arduino Uno dan *Webcam* untuk pemindaian *QR Code*, serta PCA9685 untuk kontrol multi-servo, LED RGB dan *buzzer*.
4. Kunci Geser Barel dengan Servo: Berbeda dari penelitian lain yang menggunakan solenoid, sistem ini memakai kunci geser barel yang digerakkan oleh servo.
5. Log Data dan Notifikasi Suara: Menyimpan riwayat autentikasi dan menggunakan *buzzer* sebagai notifikasi saat autentikasi berhasil atau gagal.

Dengan pembaharuan ini, diharapkan sistem keamanan loker helm otomatis yang dikembangkan dapat menjadi solusi yang lebih efektif, efisien dan aman dalam mendukung kebutuhan keamanan di lingkungan kampus.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

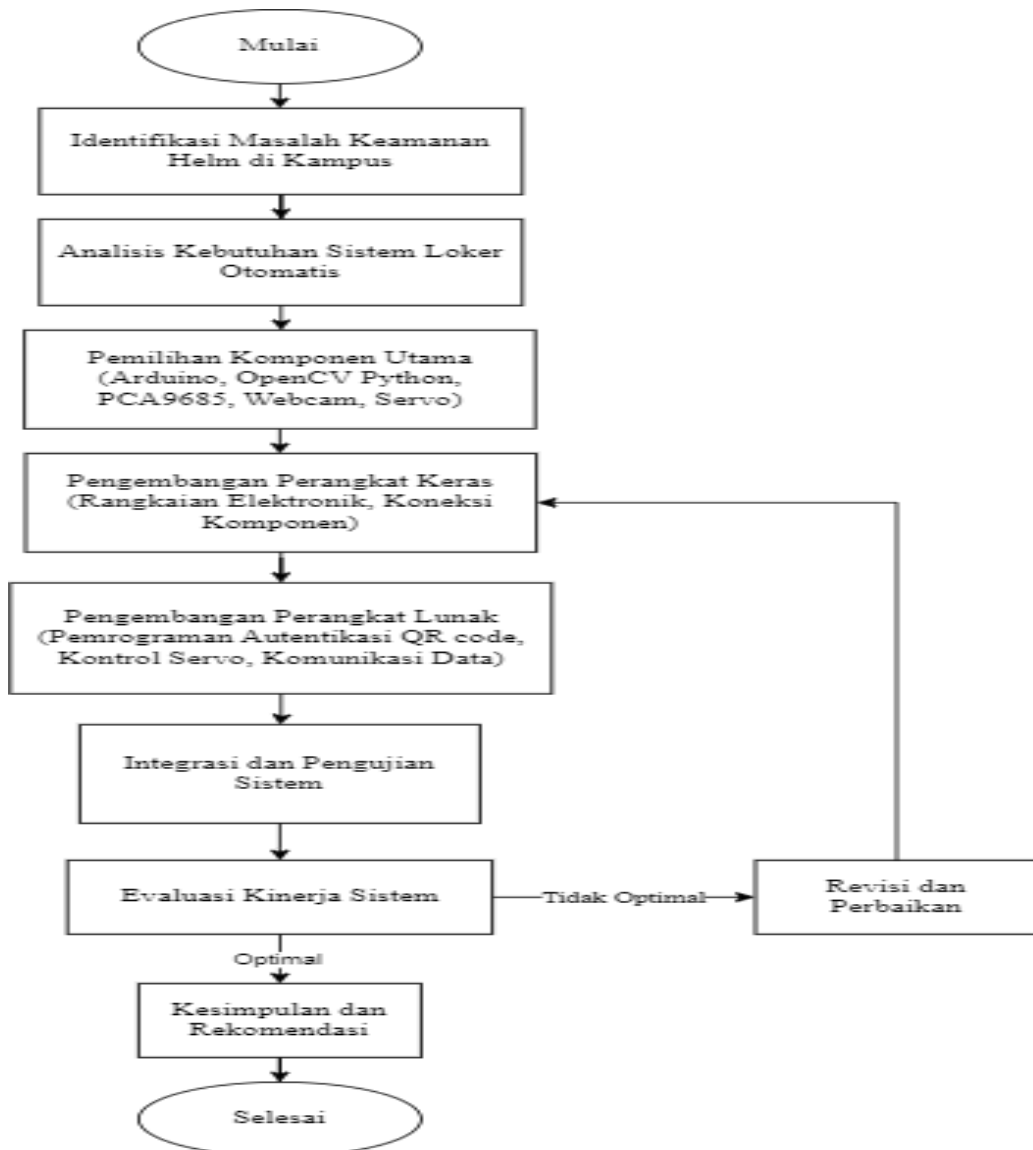
Penelitian ini menggunakan metode *prototype*, yang merupakan pendekatan iteratif dalam pengembangan sistem. Metode ini memungkinkan sistem dikembangkan secara bertahap melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

Tahapan dalam metode penelitian ini meliputi:

1. Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan yang ada.
2. Perancangan: Membuat desain awal sistem termasuk diagram blok dan diagram alir.
3. Implementasi: Membangun dan mengembangkan perangkat keras serta perangkat lunak sesuai dengan desain yang telah dibuat.
4. Pengujian: Melakukan evaluasi sistem untuk memastikan kinerja dan keamanannya.

Metode *prototype* dipilih karena fleksibilitasnya dalam memungkinkan perubahan dan perbaikan berdasarkan hasil pengujian, sehingga menghasilkan sistem yang lebih optimal. Pendekatan ini juga telah digunakan dalam penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Sulistiyowati et al. (2024), yang mengimplementasikan metode *OpenCV* untuk deteksi objek secara otomatis dalam sistem penyortiran berbasis kamera ESP32 (Sulistiyowati et al., 2024). Dengan metode ini, sistem dapat dikembangkan secara bertahap dan diuji secara iteratif untuk memastikan fungsionalitas yang optimal.

### 3.2 Kerangka Berpikir



Gambar 3.1 Kerangka Berpikir

- Identifikasi Masalah Keamanan Helm di Kampus dilakukan untuk mengetahui permasalahan utama terkait penyimpanan helm yang kurang aman.
- Analisis Kebutuhan Sistem Loker Otomatis bertujuan untuk menentukan spesifikasi sistem yang dibutuhkan, termasuk fitur keamanan, mekanisme penyimpanan, serta metode autentikasi yang akan digunakan.
- Pemilihan Komponen Utama dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan sistem, di mana komponen yang dipilih meliputi Arduino sebagai

mikrokontroler, *OpenCV Python* untuk pemrosesan *QR Code*, PCA9685 sebagai pengendali servo, webcam untuk pemindaian *QR Code*, serta servo sebagai aktuator pengunci loker.

- Pengembangan Perangkat Keras mencakup perancangan dan penyusunan rangkaian elektronik, termasuk penyambungan dan pengujian koneksi antara Arduino, PCA9685, webcam, serta servo agar dapat bekerja secara terintegrasi.
- Pengembangan Perangkat Lunak dilakukan dengan pemrograman sistem yang mencakup pembuatan algoritma autentikasi *QR Code*, kontrol servo untuk membuka dan menutup loker, serta komunikasi data antar komponen agar sistem berjalan secara otomatis.
- Integrasi dan Pengujian Sistem dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja secara terkoordinasi. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi fungsi pemindaian *QR Code*, kendali servo, serta respons sistem terhadap berbagai kondisi penggunaan.
- Evaluasi Kinerja Sistem bertujuan untuk menilai apakah sistem sudah berjalan sesuai spesifikasi yang diharapkan. Evaluasi dilakukan dengan menguji kecepatan pemindaian, akurasi autentikasi *QR Code*, serta kestabilan mekanisme loker otomatis.
- Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem tidak optimal, maka dilakukan revisi dan perbaikan pada bagian yang mengalami kendala, seperti meningkatkan akurasi pemindaian *QR Code* atau memperbaiki respon servo.
- Jika sistem sudah optimal, maka dilakukan penyusunan kesimpulan dan rekomendasi yang berisi ringkasan hasil penelitian serta saran pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan sistem.

### 3.3 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan ke dalam tiga kategori, yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan perangkat tambahan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat & Bahan

Kategori	No	Nama Alat/Bahan	Deskripsi
Perangkat Keras	1	Arduino Uno	Mikrokontroler utama untuk sistem kontrol
	2	PCA9685	Modul pengendali servo berbasis I2C
	3	Micro Servo SG90	Aktuator untuk membuka/menutup loker
	4	Kunci Geser Barrel	Mekanisme pengunci fisik yang digerakkan oleh servo untuk membuka/tutup loker
	5	Webcam (Logi C270 HD)	Untuk pemindaian <i>QR Code</i> e-KTM
	6	Battery Holder 9V	Sumber daya untuk servo
	7	Kabel Jumper	Penghubung antar komponen
	8	LED RGB 4 Pin (Common Cathode)	Indikator statis loker (merah/hijau)
	9	<i>Buzzer</i>	Notifikasi suara saat <i>QR Code</i> dipindai
	10	Resistor	Mengatur arus untuk LED
Perangkat Lunak	1	Arduino IDE	Untuk pemrograman mikrokontroler Arduino
	2	Visual Studio Code (VS Code)	Editor kode untuk Python dan GUI
	3	Python	Bahasa pemrograman untuk pemrosesan data
	4	<i>OpenCV Python</i>	Library untuk pemrosesan gambar <i>QR Code</i>
	5	<i>Tkinter</i>	<i>Library Python</i> untuk pembuatan GUI
Tambahan	1	Aplikasi UMSU Mobile	Terdapat e-KTM sebagai media autentifikasi <i>QR Code</i>

## 3.4 Pengembangan dan Pengujian Sistem

### 3.4.1 Analisis Kebutuhan

Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari sistem yang akan dikembangkan.

#### 1. Kebutuhan Fungsional

- Sistem mampu memindai *QR Code* e-KTM.
- Sistem dapat memverifikasi data *QR Code* untuk membuka atau mengunci loker.
- Memberikan notifikasi suara menggunakan *buzzer* saat autentikasi berhasil atau gagal.
- Menampilkan status loker menggunakan LED RGB (merah: terkunci, hijau: terbuka).

#### 2. Kebutuhan Non-Fungsional:

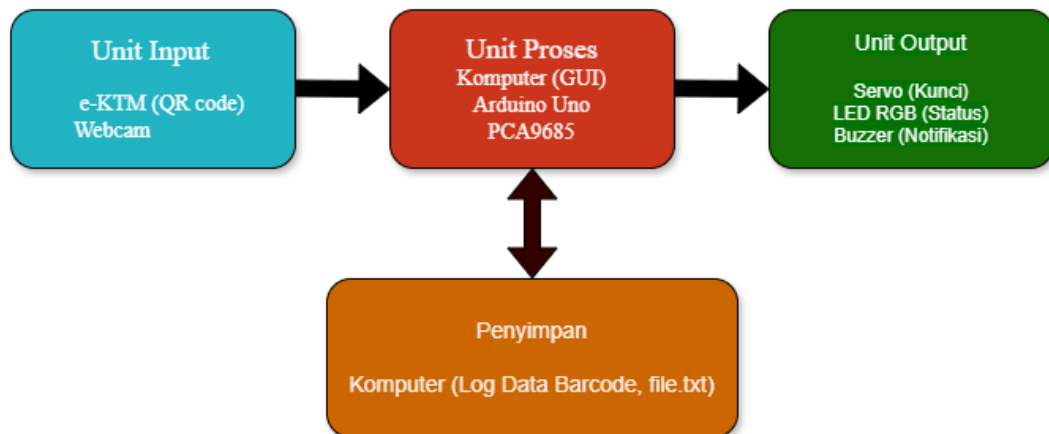
- Sistem harus responsif dan dapat bekerja secara *real-time*.
- Keamanan data terjamin dengan sistem verifikasi yang kuat.
- Antarmuka pengguna yang sederhana dan mudah digunakan.

### 3.4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem bertujuan untuk menggambarkan bagaimana komponen perangkat keras dan perangkat lunak bekerja secara terintegrasi dalam sistem keamanan loker helm otomatis berbasis *IoT*. Proses ini meliputi perancangan arsitektur sistem, diagram alir, diagram blok, serta skema rangkaian elektronik.

### 3.4.2.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem memberikan gambaran sederhana tentang alur kerja utama dalam sistem. Diagram ini menunjukkan alur dari input hingga output secara garis besar tanpa detail teknis yang kompleks.

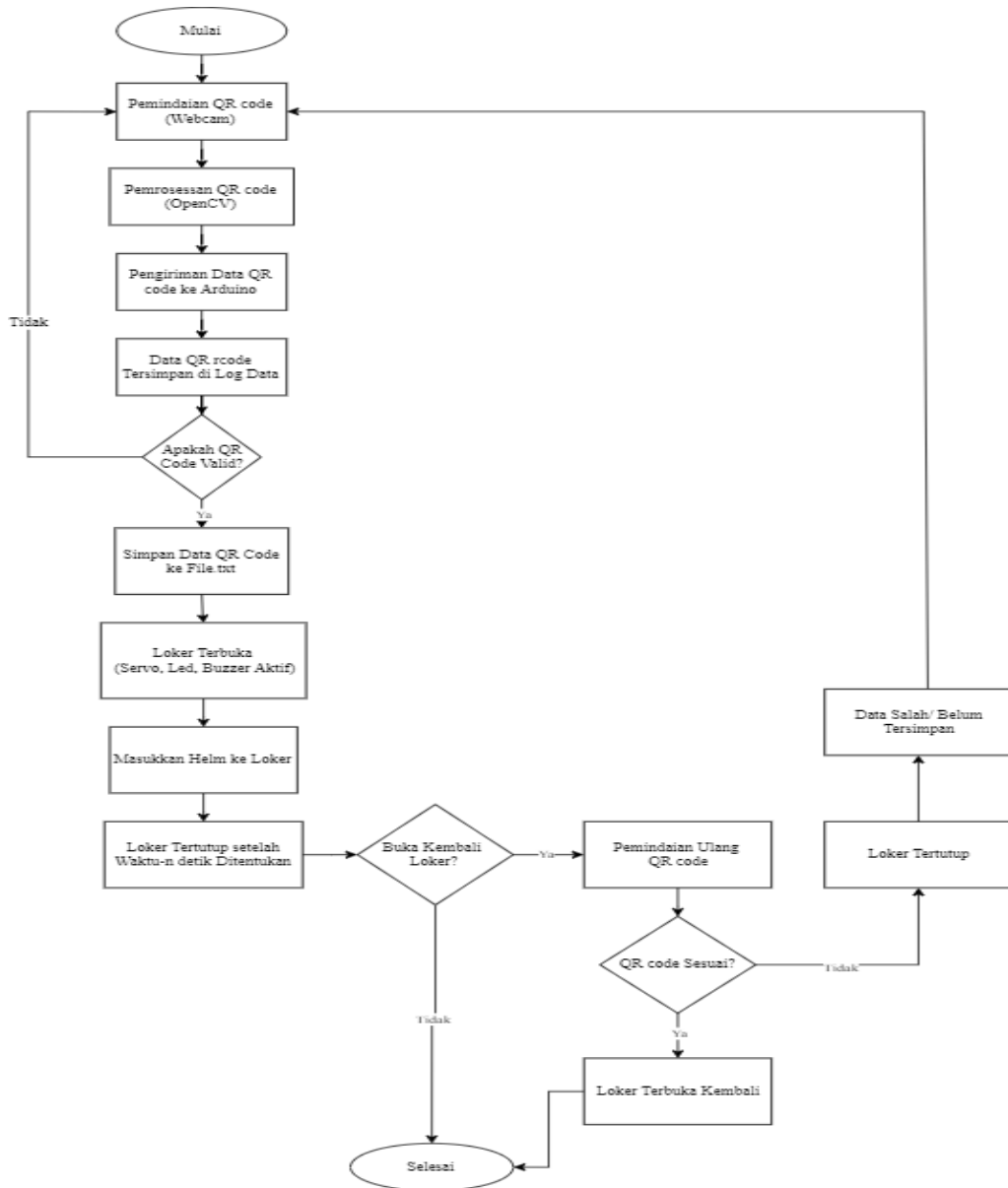


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

1. **Unit Input:** e-KTM yang berisi *QR Code* sebagai media autentikasi dan webcam untuk pemindaian *QR Code*.
2. **Unit Proses:** Komputer (*GUI*) untuk memproses *QR Code*, Arduino Uno sebagai pengendali utama, serta PCA9685 untuk mengontrol servo.
3. **Penyimpanan:** Komputer sebagai tempat pencatatan log data barcode dalam file.txt.
4. **Unit Output:** Servo untuk mengontrol kunci loker, *LED RGB* sebagai indikator status loker dan *buzzer* untuk notifikasi suara.

### 3.4.2.2 Diagram Alir (*Flowchart*)

Flowchart sistem menggambarkan alur kerja sistem mulai dari proses pemindaian *QR Code* hingga membuka atau mengunci loker.



Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem Loker Helm

Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem keamanan loker helm otomatis berbasis mikrokontroler yang menggunakan autentikasi e-KTM. Proses dimulai ketika pengguna memindai *QR Code* pada e-KTM menggunakan webcam. Data hasil pemindaian kemudian diproses menggunakan *OpenCV Python* untuk membaca dan mengidentifikasi informasi *QR Code*.

Setelah itu, data *QR Code* dikirimkan ke Arduino. Jika *QR Code* valid, sistem menyimpan data tersebut ke dalam file log dan loker akan terbuka dengan menggerakkan servo melalui modul PCA9685. *buzzer* dan LED aktif sebagai tanda keberhasilan autentikasi. Pengguna kemudian dapat memasukkan helm ke dalam loker.

Loker akan tertutup secara otomatis setelah waktu yang ditentukan. Jika pengguna ingin membuka kembali loker, mereka harus memindai ulang *QR Code* yang sama. Jika kode yang dipindai sesuai dengan data sebelumnya, loker akan terbuka kembali. Jika tidak, akses ditolak dan loker tetap tertutup.

Jika *QR Code* tidak valid atau belum terdaftar, sistem akan mengarahkan kembali pengguna untuk melakukan pemindaian ulang. Flowchart ini dirancang untuk memastikan autentikasi berjalan efisien, aman, serta mencatat riwayat akses dalam log data untuk meningkatkan keamanan.

### **3.4.3 Implementasi Sistem**

Tahap implementasi mencakup proses pengkodean sistem berdasarkan perancangan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Sistem terdiri dari dua komponen utama, yaitu perangkat lunak untuk pengolahan data dan pemindaian QR Code serta perangkat keras untuk mengontrol aktuator dan indikator sistem.

#### **3.4.3.1 Pemrograman Arduino**

Pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE. Fungsi utama program Arduino adalah menerima perintah dari aplikasi Python melalui komunikasi serial, kemudian mengatur aktuator berupa servo motor untuk membuka dan menutup loker, serta mengendalikan LED RGB dan *buzzer* sebagai indikator status autentikasi.

### 3.4.3.2 Pengembangan Aplikasi Python

Aplikasi Python dikembangkan menggunakan beberapa pustaka, antara lain:

- OpenCV: untuk proses pemindaian *QR Code* menggunakan webcam.
- Tkinter: sebagai antarmuka pengguna berbasis GUI.
- PySerial: untuk komunikasi serial dengan Arduino.

Pengembangan aplikasi dilakukan secara modular agar proses autentikasi, pengendalian perangkat keras dan pencatatan riwayat dapat dikelola secara terpisah namun terintegrasi.

### 3.4.3.3 Struktur File Program

Berikut adalah struktur file program yang dikembangkan dalam sistem:

Nama File	Fungsi
<code>Main.py</code>	Program utama yang menjalankan proses sinkronisasi awal status LED dan antarmuka GUI sistem loker.
<code>camera_handler.py</code>	Modul untuk pengambilan gambar dan pembacaan QR Code menggunakan OpenCV serta pemrosesan hasil pemindaian.
<code>file_manager.py</code>	Modul untuk membaca dan menulis data QR Code ke dalam file <code>list.txt</code> dan mencatat aktivitas ke dalam file <code>log.txt</code> .
<code>gui.py</code>	Modul pendukung yang menyimpan konfigurasi global seperti path file, channel loker, objek serial, dan konstanta waktu.
<code>utils.py</code>	Program Arduino yang mengatur posisi servo, buzzer dan LED berdasarkan data yang diterima dari Python.
<code>Arduino.ino</code>	Program Arduino yang menerima perintah dari Python untuk mengatur posisi servo, menyalakan LED, dan mengaktifkan buzzer.
<code>list.txt</code>	File penyimpanan lokal untuk mencatat data QR Code yang sedang aktif di dalam sistem loker.

Nama File	Fungsi
log.txt	File log yang menyimpan riwayat aktivitas pemindaian QR Code dan aksi yang dilakukan terhadap loker.

Tabel 3.2 Tabel Struktur File Program Sistem Loker Helm Otomatis

### 3.4.3.4 Integrasi Sistem

Integrasi dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat lunak (Python) dan perangkat keras (Arduino, servo, LED, buzzer) dapat bekerja secara sinergis. Setiap proses diawali dengan pemindaian *QR Code*, dilanjutkan dengan verifikasi data, pengiriman perintah ke Arduino, eksekusi aktuator dan pencatatan aktivitas ke dalam file log.

### 3.4.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa semua fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah ditentukan. Metode pengujian yang digunakan mencakup beberapa aspek, yaitu pengujian fungsional, pengujian kinerja dan pengujian keamanan.

#### 3.4.4.1 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Metode yang digunakan adalah *black-box testing*, di mana fokusnya adalah pada hasil keluaran dari sistem tanpa memperhatikan proses internal.

- Pemindaian *QR Code*: Menguji apakah sistem dapat memindai *QR Code* e-KTM dengan benar dalam berbagai kondisi pencahayaan.
- Autentikasi Data: Memastikan data *QR Code* yang valid dapat membuka loker, sedangkan data tidak valid ditolak.

- Kontrol *Servo*: Menguji apakah *servo* dapat membuka dan mengunci loker dengan benar sesuai perintah dari Arduino.
- Indikator LED dan *Buzzer*: Memastikan LED RGB (merah/hijau) dan *buzzer* berfungsi sesuai status loker (terbuka, terkunci, atau gagal autentikasi).

#### 3.4.4.2 Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja bertujuan untuk mengevaluasi seberapa responsif dan efisien sistem dalam memproses data. Parameter yang diuji meliputi:

- Waktu Respons Sistem: Mengukur waktu yang dibutuhkan dari saat *QR Code* dipindai hingga loker terbuka atau ditolak.
- Akurasi Pemindaian *QR Code*: Menghitung persentase keberhasilan pemindaian *QR Code* dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pemindaian.
- Kecepatan Buka/Tutup Loker: Mengukur waktu yang diperlukan *servo* untuk membuka dan menutup loker sepenuhnya.

#### 3.4.4.3 Pengujian Keamanan

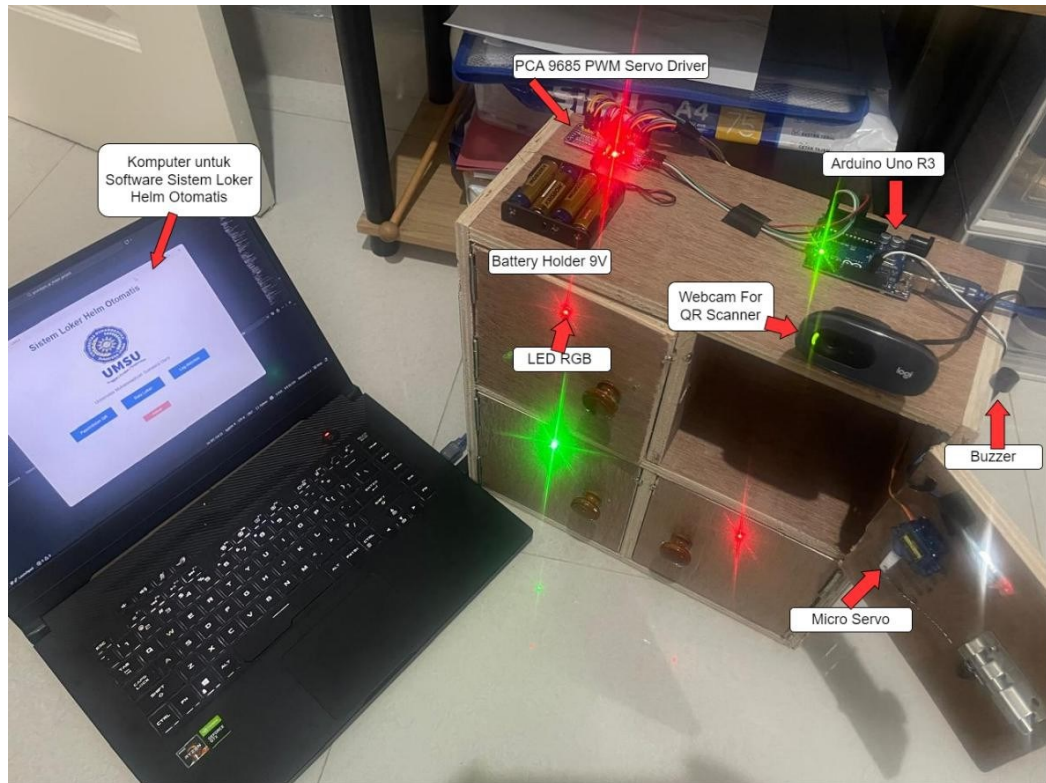
Pengujian keamanan dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kerentanan dalam sistem, terutama terkait autentikasi dan proteksi data.

- Uji Akses Tidak Sah: Menggunakan *QR Code* palsu untuk memastikan sistem dapat mendeteksi dan menolak akses yang tidak sah.
- Pengujian Akses Berulang: Menguji bagaimana sistem merespons upaya akses berulang dengan *QR Code* yang berbeda secara cepat.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Gambaran Umum Prototipe Sistem Loker Helm Otomatis



Gambar 4. 1 Hasil Prototipe Loker Helm Otomatis

Gambar 4.1 merupakan hasil prototipe sistem loker helm otomatis berbasis Arduino Uno dan OpenCV dengan autentikasi *QR Code* e-KTM. Prototipe terdiri atas empat loker berukuran  $15 \times 15$  cm yang dilengkapi micro servo sebagai aktuator, LED RGB sebagai indikator status, buzzer sebagai notifikasi, serta modul PCA9685 sebagai pengendali multi-servo. Webcam Logitech C270 digunakan sebagai pemindai *QR Code*, sementara Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama.

Pada sisi perangkat lunak, sistem menggunakan Python dan OpenCV untuk memproses gambar *QR Code* dari e-KTM pada aplikasi UMSU Mobile. Setelah *QR Code* dikenali, hasil pembacaan dikirim melalui komunikasi serial ke Arduino

untuk membuka atau menutup loker yang sesuai. LED RGB dan buzzer memberikan umpan balik visual dan audio terhadap hasil autentikasi. Setiap aktivitas pemindaian dicatat ke dalam file log sebagai pendukung keamanan dan monitoring.

Analisis terhadap sistem dilakukan melalui serangkaian pengujian parameter, seperti keberhasilan pemindaian QR Code, akurasi autentikasi, performa aktuator servo, serta keandalan notifikasi LED dan buzzer. Pengujian dilakukan dalam kondisi nyata untuk memastikan bahwa sistem bekerja secara optimal dan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang pada Bab III.

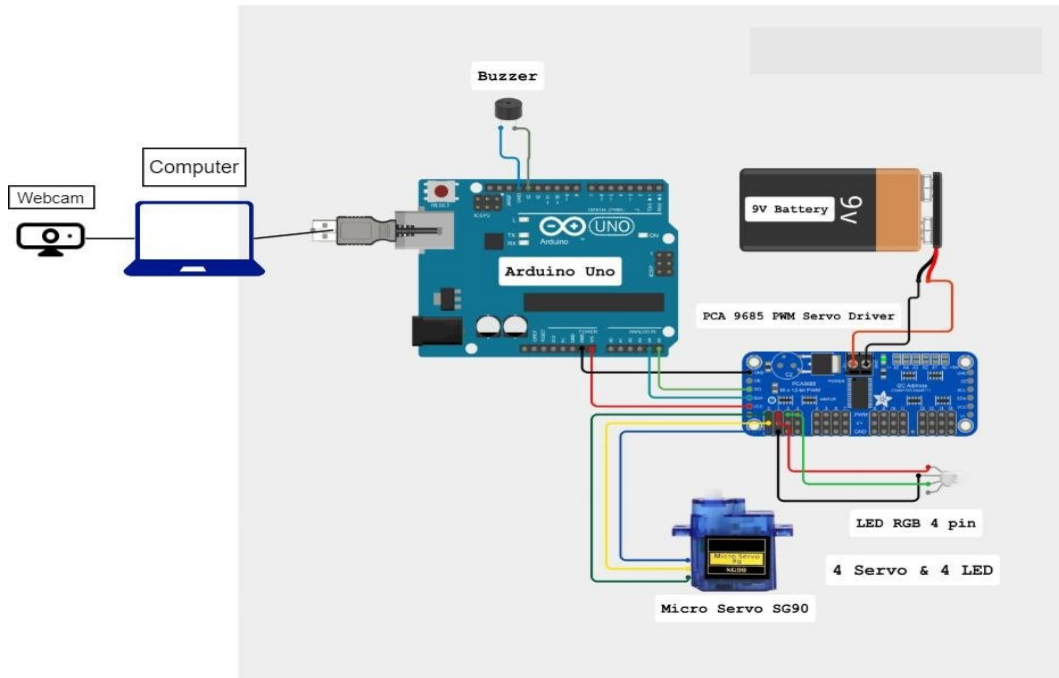
## **4.2 Hasil Rancangan Penelitian**

Hasil rancangan sistem dilakukan untuk menggabungkan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak agar dapat bekerja secara terintegrasi sesuai tujuan sistem. Proses rancangan mencakup pembuatan rangkaian elektronik, pemrograman, dan pengaturan alur kerja sistem.

Hasil rancangan ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu hasil rancangan perangkat keras dan hasil rancangan perangkat lunak yang dijelaskan pada subbab berikut.

### **4.2.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras**

Berikut merupakan gambar Diagram Wiring yang menunjukkan hubungan antar komponen utama dalam sistem, seperti Arduino Uno, modul PCA9685, micro servo, LED RGB, buzzer, dan webcam. Diagram ini digunakan sebagai acuan dalam proses perakitan fisik, agar setiap komponen dapat terhubung dan berfungsi sesuai dengan rancangan sistem.



Gambar 4.2 Diagram Wiring Loker Helm

Sistem loker helm otomatis ini menggunakan Arduino Uno yang terhubung dengan modul PCA9685 untuk mengendalikan beberapa servo motor dan LED RGB, serta sebuah buzzer sebagai indikator suara. Berikut adalah detail koneksi antar komponen:

1. Arduino Uno → PCA 9685

- Komunikasi menggunakan protokol I2C
  - SDA (Data) dari Arduino Uno (Pin A4) → pin SDA di PCA9685
  - SCL (Clock) dari Arduino Uno (Pin A5) → pin SCL di PCA9685
  - VCC dari Arduino Uno (5V) → VCC di PCA9685
  - GND dari Arduino Uno → GND di PCA9685

2. PCA 9685 → Servo Motor (Penggerak Pintu Loker)

Setiap loker dikontrol oleh satu servo motor, dengan koneksi sebagai berikut:

Loker	Channel Servo	Fungsi
1	Channel 0	Servo membuka/tutup Loker 1
2	Channel 4	Servo membuka/tutup Loker 2
3	Channel 8	Servo membuka/tutup Loker 3
4	Channel 12	Servo membuka/tutup Loker 4

Servo dihubungkan ke channel PWM PCA9685, dan membutuhkan sumber daya eksternal (penelitian ini memakai 9V battery holder) untuk suplai V+ karena Arduino tidak mampu memberi daya cukup untuk semua servo.

### 3. PCA 9685 → LED RGB (Indikator Status Tiap Loker)

LED RGB digunakan untuk menunjukkan status tiap loker

- Hijau : Loker kosong / belum digunakan
- Merah : Loker Terisi / digunakan

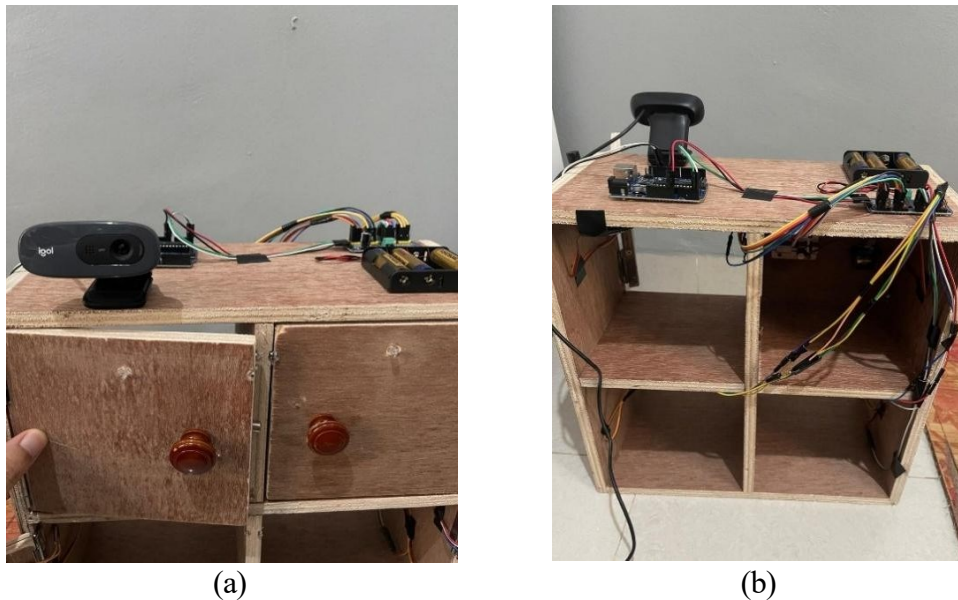
Loker	Warna Merah	Warna Hijau
1	Channel 1	Channel 2
2	Channel 5	Channel 6
3	Channel 9	Channel 10
4	Channel 13	Channel 14

LED dihubungkan ke channel PWM PCA9685. LED RGB yang digunakan bertipe common cathode dan diberi resistor pada masing-masing pin warna.

#### 4. Arduino Uno → Buzzer

- Pin 13 Arduino → Kaki Positif Buzzer
- GND Arduino → Kaki Negatif Buzzer

Setelah perangkat keras dirancang dan koneksi antar komponen ditentukan, sistem kemudian dirakit secara fisik. Gambar-gambar berikut menunjukkan hasil implementasi perangkat keras yang telah selesai dan diuji coba.



Gambar 4.3 Tampilan (a) Depan, (b) Belakang Prototipe Loker

Gambar 4.3 menampilkan tampilan (a) depan dan (b) belakang prototipe loker helm otomatis. Tampilan depan menunjukkan empat loker lengkap dengan LED RGB dan webcam untuk pemindaian QR Code, sedangkan tampilan belakang memperlihatkan susunan kabel dan koneksi antara Arduino Uno, PCA9685, servo, serta komponen lainnya yang terintegrasi dalam sistem.



Gambar 4.4 Tampilan Loker Dengan Led Aktif

Gambar 4.4 menunjukkan tampilan loker helm otomatis dengan LED aktif sebagai indikator status loker. LED hijau menandakan loker kosong dan siap digunakan, sedangkan LED merah menunjukkan loker sedang terisi. Indikator ini berfungsi sebagai umpan balik visual yang memudahkan pengguna dalam mengetahui ketersediaan loker secara langsung, serta dikendalikan secara otomatis oleh sistem berbasis mikrokontroler Arduino Uno setelah proses autentikasi QR Code e-KTM.



(a)



(b)

Gambar 4.5 Tampilan (a) Servo dan Kunci Geser, (b) Buzzer Prototipe Loker

Gambar 4.5 menampilkan tampilan (a) mekanisme servo yang terhubung ke kunci geser pada pintu loker, dan (b) buzzer yang berfungsi sebagai indikator suara. Servo akan menggerakkan kunci secara otomatis saat loker dibuka atau ditutup, sementara buzzer akan berbunyi sebagai tanda autentikasi berhasil atau gagal dalam sistem loker helm otomatis.

#### 4.2.2 Hasil Rancangan Perangkat Lunak

Hasil rancangan perangkat lunak mencakup pembuatan program untuk mengontrol sistem loker helm otomatis, termasuk pemrosesan *QR Code*, komunikasi dengan perangkat keras, dan pencatatan log aktivitas. Sistem perangkat lunak dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan beberapa pustaka pendukung, seperti OpenCV untuk pemrosesan citra, PySerial untuk komunikasi serial dengan Arduino, dan Tkinter untuk antarmuka pengguna grafis (GUI).



Gambar 4.6 Tampilan Menu Awal Sistem Loker Helm Otomatis

Gambar 4.6 menampilkan antarmuka utama perangkat lunak sistem loker helm otomatis yang dikembangkan menggunakan Python dan Tkinter. Tampilan ini

memuat judul sistem beserta logo Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai identitas aplikasi, serta tiga menu utama: *Pemindaian QR* sebagai proses autentikasi e-KTM mahasiswa melalui kamera, *Data Loker* untuk menampilkan status setiap loker dan *Log Aktivitas* untuk melihat riwayat penggunaan. Area utama jendela digunakan untuk menampilkan hasil tangkapan kamera secara real-time dengan bantuan OpenCV sebagai media pemindaian QR Code. Desain antarmuka dibuat sederhana agar mudah dioperasikan oleh pengguna maupun admin tanpa memerlukan konfigurasi tambahan, sekaligus berfungsi sebagai pusat navigasi seluruh fitur operasional sistem.

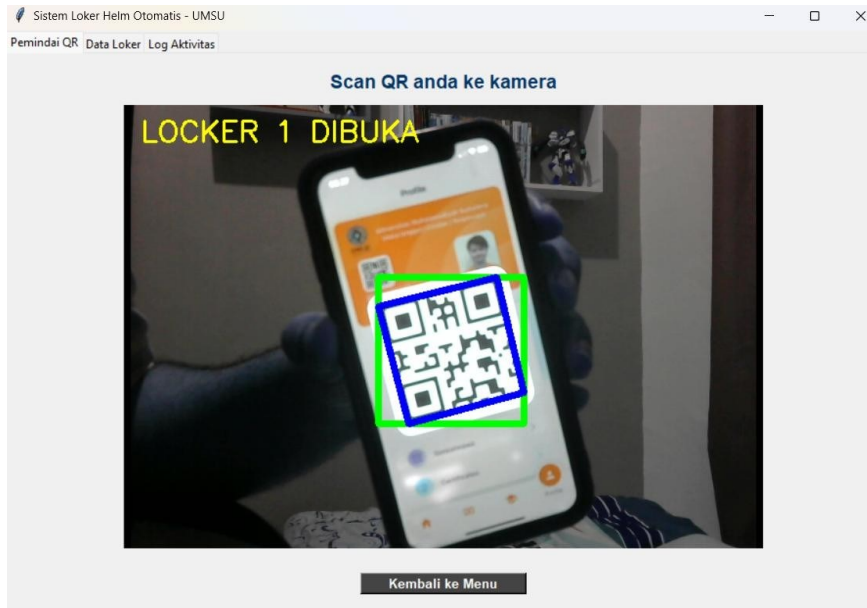
```

1  import os
2  import datetime
3  import time
4  import cv2
5  import serial
6  from pyzbar.pyzbar import decode
7  import numpy as np
8  import tkinter as tk
9  from tkinter import ttk, scrolledtext
10
11 # ----- CONFIGURATIONS -----
12
13 LIST_PATH = 'list.txt'
14 LOG_PATH = 'log.txt'
15 SCANNING_DELAY = 5
16 ACCESS_DENIED_DURATION = 3
17 TEXT_DISPLAY_DURATION = 3
18 BARCODE_LENGTH = 10
19
20 LOCKER_CHANNELS = [1, 0, 2, 4, 3, 0, 4, 12] # Mapping locker id ke channel servo
21
22 # Inisialisasi komunikasi dengan Arduino
23 arduino = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600, timeout=1)
24 time.sleep(2) # Tunggu Arduino sedialan merespon
25
26 # Buat file jika belum ada
27 if not os.path.exists(LIST_PATH):
28     open(LIST_PATH, 'w').close()
29 if not os.path.exists(LOG_PATH):
30     open(LOG_PATH, 'w').close()
31
32 # ----- FILE HANDLING -----
33
34 def read_stored_barcodes():
35     lockers = {locker_id: [] for locker_id in LOCKER_CHANNELS.keys()}
36     try:
37         with open(LIST_PATH, 'r') as f:
38             for line in f:
39                 time.sleep(1)

```

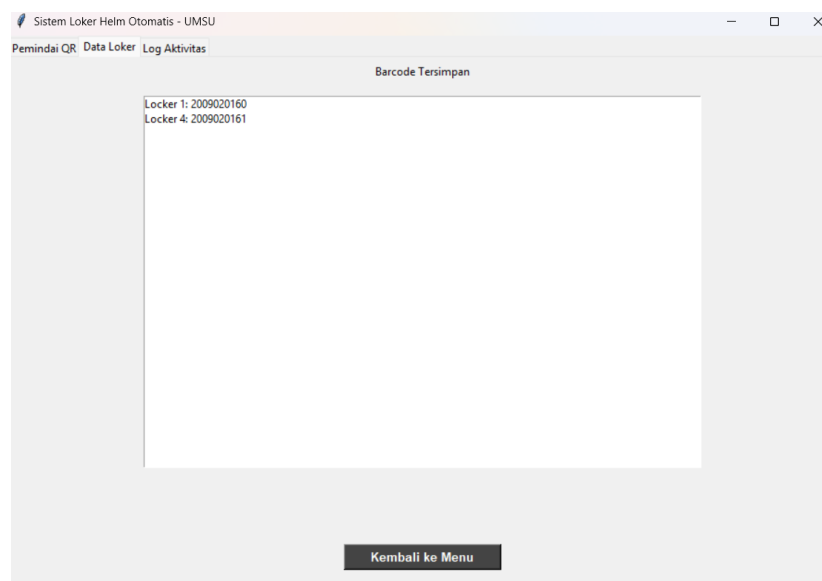
Gambar 4.7 Tampilan Kodingan

Gambar 4.7 memperlihatkan struktur file program dari sistem loker helm otomatis berbasis QR Code. Sistem ini disusun secara modular untuk memisahkan setiap fungsi utama ke dalam file terpisah, sehingga memudahkan pemeliharaan dan pengembangan.



Gambar 4.8 Tampilan Pemindaian QR Mahasiswa Melalui Aplikasi

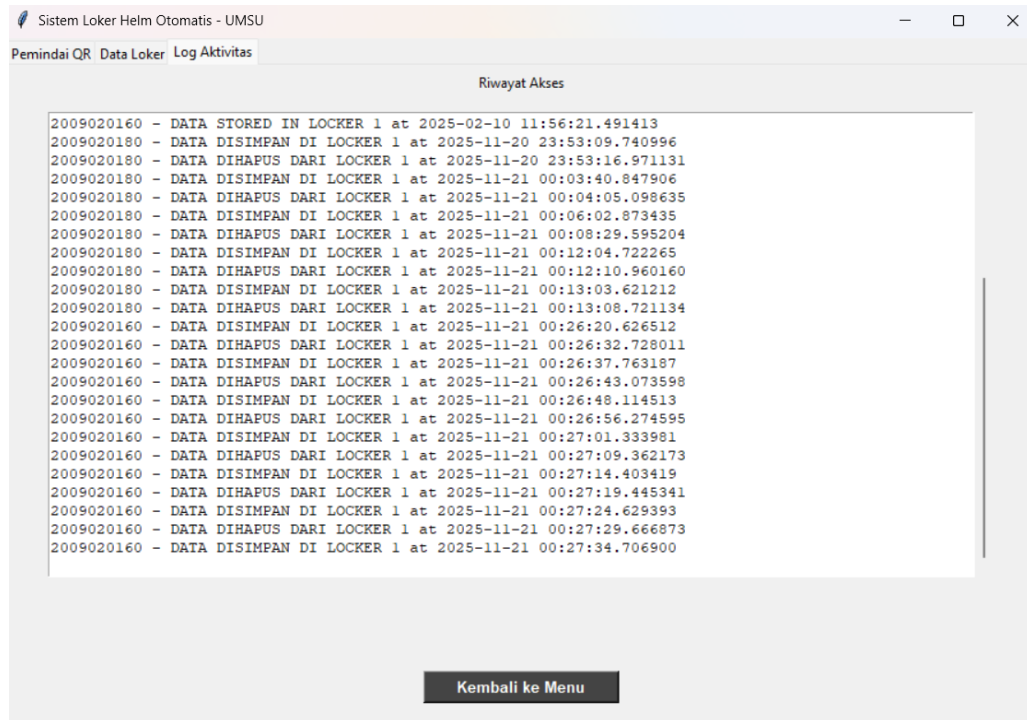
Gambar 4.8 menampilkan aplikasi pemindaian QR Code mahasiswa secara real-time yang langsung mendeteksi dan memverifikasi data. Setelah berhasil, aplikasi memberi tahu nomor loker yang bisa diakses dan mengirim perintah untuk membuka loker tersebut, memudahkan autentikasi secara cepat dan jelas.



Gambar 4.9 Tampilan Aplikasi QR Scanner Data Loker

Gambar 4.9 menunjukkan antarmuka aplikasi QR Scanner yang berfungsi untuk membaca dan menyimpan data QR Code e-KTM mahasiswa yang berhasil dipindai.

Data tersebut digunakan sebagai referensi untuk membuka atau menutup loker secara otomatis serta mengatur status servo, LED dan buzzer.



Gambar 4.10 Tampilan Aplikasi QR Scanner Log Aktivitas

Gambar 4.10 menunjukkan antarmuka aplikasi yang digunakan untuk memantau riwayat aktivitas loker. Aplikasi mencatat informasi setiap kali data QR Code disimpan atau dihapus, lengkap dengan tanggal dan waktu kejadian. Riwayat ini ditampilkan dalam bentuk daftar log dan berfungsi sebagai dokumentasi aktivitas autentikasi untuk keperluan monitoring dan keamanan sistem.

### 4.3 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem loker helm otomatis berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan sistem dan mengevaluasi performa secara menyeluruh, meliputi aspek fungsionalitas, kinerja, dan keamanan.

Berikut adalah tabel yang dapat Anda isi setelah pengujian dilakukan:

No	NPM	QR Code Valid	Loker Terbuka	LED/Buzzer Berfungsi	Status
1	2009020157	Ya	Ya	Ya	Sukses
2	2009020158	Ya	Ya	Ya	Sukses
3	2009020159	Ya	Ya	Ya	Sukses
4	2009020160	Ya	Ya	Ya	Sukses

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fungsional

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsinya dengan baik pada setiap skenario uji. Semua QR Code mahasiswa yang valid dapat memicu pembukaan loker, indikator LED dan buzzer berfungsi sesuai status autentikasi, serta sistem mencatat status akhir dengan hasil 'Sukses' pada seluruh percobaan.

No	QR Code	Waktu Mulai	Waktu Aksi	Selisih Waktu (detik)	Jarak Pemindaian (cm)
1	2009020157	18:25:04.39	18:25:04.398	0.001	10
2	2009020158	18:29:59.576	18:29:59.576	0.000	15
3	2009020159	18:31:47.082	18:31:47.082	0.000	20
4	2009020160	18:32:23.368	18:32:23.368	0.000	50

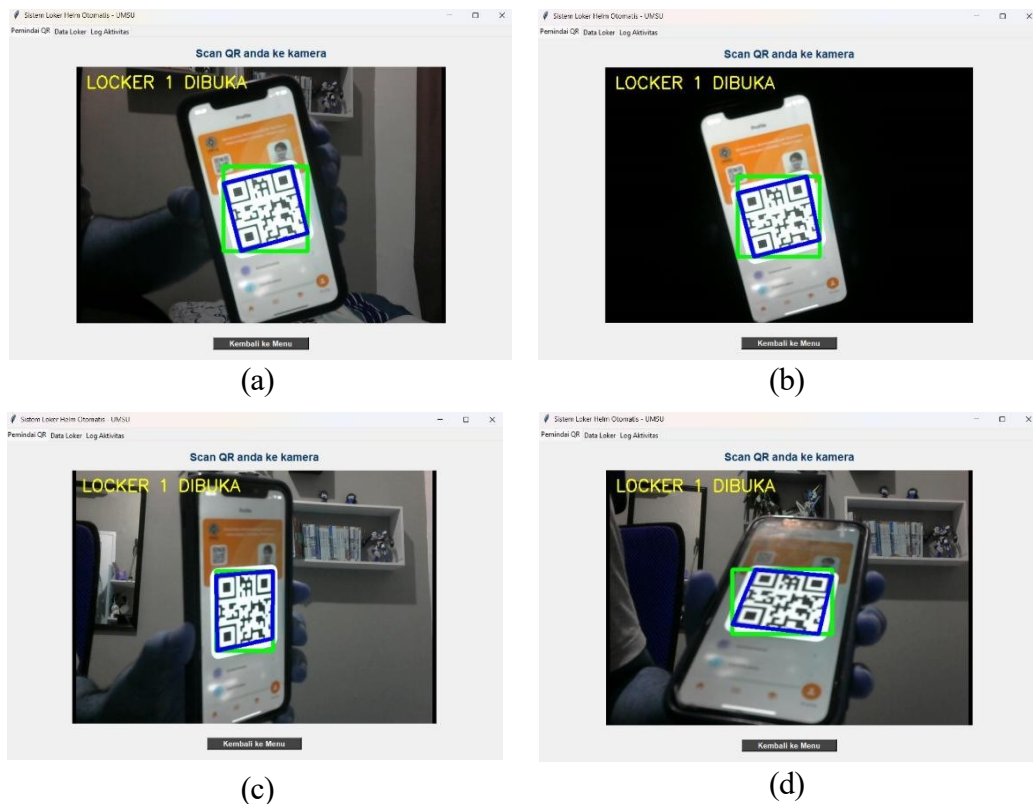
Tabel 4.2 Waktu Respon Sistem

Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa waktu respon sistem dalam memproses QR Code hingga aksi pembukaan loker berlangsung sangat cepat, dengan waktu eksekusi hampir instan (0.000–0.001 detik) dalam berbagai jarak pemindaian, mulai dari 10 cm hingga 50 cm, membuktikan bahwa sistem bekerja secara real-time dan efisien.

Kondisi Pemindaian	Jumlah Uji	Jumlah Berhasil	Persentasi Keberhasilan
Pencahayaan Normal	4	4	100
Pencahayaan Redup	4	4	100
Sudut QR Miring	4	4	100

Tabel 4.3 Akurasi Pemindaian

Tabel 4.3 mencatat bahwa sistem memiliki tingkat akurasi pemindaian QR Code sebesar 100% dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk pencahayaan normal, pencahayaan redup, serta sudut pemindaian miring. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sangat andal dan tangguh terhadap variasi kondisi operasional di lapangan.



Gambar 4.11 Tampilan Pengujian Akurasi Pemindaian

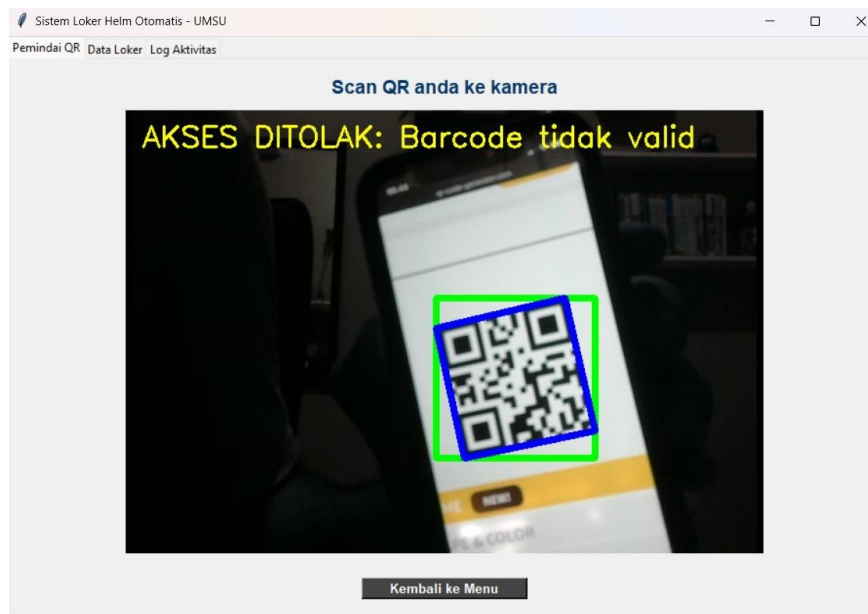
Gambar 4.11 Tampilan Pengujian Akurasi Pemindaian menunjukkan hasil pemindaian QR Code e-KTM dalam berbagai kondisi. Pada (a) tampak pemindaian dalam pencahayaan normal dengan hasil akurat dan cepat. Pada (b) pemindaian dilakukan dalam kondisi pencahayaan redup, namun sistem tetap mampu membaca

QR dengan baik. Sementara pada (c) dan (d) QR Code dipindai dalam posisi miring dan sistem tetap berhasil mengenali data, menunjukkan toleransi sudut pemindaian yang tinggi.

No	QR Code Diuji	Terdaftar	Akses Ditolak	Log Dicatat
1	QR Palsu	Tidak	Ya	Tidak
2	QR Berisi Huruf	Tidak	Ya	Tidak

Tabel 4.4 Pengujian Akses Tidak Sah

Tabel 4.4 memperlihatkan bahwa sistem berhasil menolak semua upaya akses menggunakan QR Code yang tidak terdaftar atau tidak valid, seperti QR palsu dan QR berisi huruf. Sistem secara otomatis menolak akses tersebut, namun pada pengujian ini, aktivitas tidak dicatat dalam file log, yang menjadi catatan untuk pengembangan sistem lebih lanjut.



Gambar 4.12 Tampilan Akses QR Tidak Sah

Gambar 4.12 menunjukkan tampilan sistem ketika terjadi percobaan akses yang tidak sah menggunakan QR Code yang tidak terdaftar atau tidak valid. Pada layar ditampilkan pesan peringatan “AKSES DITOLAK: Barcode tidak valid” yang

muncul setelah proses pemindaian dilakukan melalui kamera. Sistem secara otomatis menolak autentikasi dan tidak memberikan perintah pembukaan loker, memastikan keamanan tetap terjaga. Tampilan ini dirancang sebagai umpan balik langsung kepada pengguna agar mengetahui bahwa QR Code yang digunakan tidak dikenali oleh sistem.

#### 4.4 Kendala dan Solusi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini menghadapi beberapa kendala teknis maupun fungsional yang muncul selama proses perancangan perangkat keras, pemrograman, integrasi sensor serta pengujian sistem loker helm otomatis berbasis QR Code. Setiap kendala diidentifikasi melalui observasi langsung pada saat implementasi program Python–OpenCV, modul Arduino–PCA9685, serta proses scanning QR Code e-KTM. Pada bagian ini dipaparkan bentuk kendala yang ditemukan beserta solusi yang diterapkan agar sistem dapat berjalan stabil dan sesuai rancangan.

No	Kendala yang dihadapi	Penjelasan	Solusi yang diterapkan
1	QR Code masuk ke beberapa loker (overlap)	Sistem membaca QR Code terlalu cepat sehingga data masuk ke dua loker secara bersamaan.	Menambahkan <i>scanning delay</i> 5 detik dan mekanisme <i>toggle</i> penyimpanan berdasarkan variabel <code>last_scanned_time</code> .
2	Ketidaksinkronan LED/servo dengan data list.txt	Status loker tidak sesuai saat program direstart karena LED dan servo tidak mengenali status sebelumnya.	Menambahkan fungsi <code>sync_led_status_with_list()</code> agar Python mengirimkan status FULL/EMPTY otomatis saat startup.
3	Tegangan tidak stabil pada servo dan PCA9685	Servo SG90 kekurangan arus ketika digerakkan bersamaan dengan	Menggunakan suplai daya eksternal 6V khusus servo, serta menerapkan common

No	Kendala yang dihadapi	Penjelasan	Solusi yang diterapkan
		webcam dan Arduino sehingga menyebabkan getaran, panas, atau reset.	ground pada Arduino–PCA9685–power supply.
4	Servo tidak kembali ke posisi awal	Perintah servo bertumpuk pada buffer serial sehingga delay tidak terproses dengan benar.	Menambahkan sistem waktu servo_open_times dan mengirim perintah servo secara terpisah (OPEN, FULL, EMPTY).
5	QR Code sulit terbaca pada kondisi cahaya tertentu	Webcam C270 sensitif terhadap pantulan pada e-KTM dan hasil tidak dapat terbaca oleh pyzbar.	Mereduksi penerimaan pencahayaan, memperbesar area scan, dan menampilkan <i>bounding box + polygon</i> sebagai panduan pengguna.
6	Komunikasi serial tidak stabil	Arduino menerima perintah terlalu cepat sehingga buffer penuh dan perintah servo tidak diproses.	Memberikan jeda awal time.sleep(2), meminimalkan spam perintah, dan menggunakan format pesan ACTION_CHANNEL.

Terdapat beberapa kendala yang sebenarnya telah memiliki solusi, namun belum dapat diterapkan pada tahap penelitian ini. Salah satu kendala tersebut adalah aspek keamanan QR Code yang masih lemah karena hanya berisi NPM sehingga mudah direplikasi atau dipalsukan. Kendala ini akan dijelaskan lebih lanjut bersama alternatif solusinya pada bagian Saran dalam Bab V.

#### 4.5 Cara Kerja Penyimpanan Helm Otomatis

1. Mulai

Mahasiswa tiba di area loker helm otomatis.

2. Cek Status LED Loker

Perhatikan indikator LED pada loker:

- Hijau → Loker kosong dan tersedia
- Merah → Loker terisi dan tidak dapat digunakan

3. Buka Aplikasi UMSU Mobile

Mahasiswa membuka aplikasi UMSU Mobile di smartphone dan menampilkan QR Code e-KTM yang tersedia di dalam aplikasi tersebut.

4. Scan QR Code ke Webcam

5. Verifikasi & Penugasan Loker

Sistem membaca QR Code, memverifikasi validitasnya, menyimpan data QR mahasiswa dan memberitahukan nomor loker yang tersedia untuk digunakan.

6. Simpan Helm

Loker otomatis terbuka, mahasiswa meletakkan helm ke dalamnya. Setelah itu, loker akan menutup otomatis dalam waktu yang telah ditentukan oleh admin/operator (misalnya dalam waktu 30 detik).

7. Ambil Helm Kembali

Untuk mengambil helm, mahasiswa cukup melakukan pemindaian ulang QR Code yang sama. Sistem akan mengenali dan membuka loker yang sesuai secara otomatis.

8. Selesai

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil rancangan, implementasi dan pengujian sistem loker helm otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan OpenCV dengan autentikasi QR Code e-KTM mahasiswa UMSU, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem loker helm otomatis berbasis Arduino Uno dan OpenCV berhasil diwujudkan, ditandai dengan terbentuknya prototipe yang mampu memindai QR Code e-KTM melalui webcam serta mengolah hasilnya menggunakan OpenCV sehingga menghasilkan proses autentikasi yang cepat dan akurat.
2. Integrasi OpenCV dengan QR Code e-KTM berfungsi dengan baik, di mana sistem mampu membaca QR Code mahasiswa dari aplikasi UMSU Mobile dan meneruskan hasil pembacaan tersebut untuk mengendalikan Arduino dalam membuka atau menutup loker secara otomatis.
3. Pengembangan sistem multi-servo berbasis PCA9685 berhasil diterapkan, terbukti dari prototipe empat loker berukuran  $15 \times 15$  cm yang dapat dikendalikan secara mandiri menggunakan micro servo dan indikator LED RGB sesuai status masing-masing loker.
4. Kinerja sistem menunjukkan hasil yang konsisten dan stabil, ditunjukkan melalui keberhasilan proses pemindaian, autentikasi, mekanisme buka–tutup loker serta pencatatan log aktivitas yang berjalan responsif selama pengujian. Sistem mampu memberikan waktu respon sangat cepat, yaitu

0,000–0,001 detik, memiliki akurasi pembacaan yang tinggi dan dapat menolak QR Code yang tidak sah dengan baik, sehingga keseluruhan performanya dinilai efektif dan efisien untuk digunakan dalam pengamanan loker helm di lingkungan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Sistem yang dikembangkan memberikan solusi keamanan yang efektif untuk penyimpanan helm mahasiswa, dengan penerapan autentikasi digital berbasis QR Code yang lebih aman dan efisien dibandingkan metode manual yang digunakan sebelumnya di lingkungan kampus UMSU.

## **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah:

1. Penggunaan QR Code e-KTM dapat diperluas, tidak hanya untuk mahasiswa tetapi juga dapat diterapkan kepada seluruh sivitas akademika UMSU, seperti dosen, staf dan karyawan, sehingga sistem loker otomatis dapat memberikan manfaat yang lebih luas di lingkungan kampus.
2. Proses pembacaan QR Code menggunakan webcam dan OpenCV perlu ditingkatkan, misalnya dengan menambahkan metode peningkatan kualitas citra (preprocessing), pengaturan intensitas cahaya atau penggunaan kamera dengan resolusi lebih tinggi agar sistem tetap akurat dalam berbagai kondisi pencahayaan.
3. Sistem loker khusus untuk penyimpanan helm dapat dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan menambah jumlah kompartemen atau memperbesar ukuran loker sehingga dapat menampung barang pribadi lain seperti tas kecil atau perlengkapan mahasiswa. Pengembangan prototipe juga dapat

ditingkatkan menjadi versi fisik yang lebih kokoh dan siap dipasang di area kampus untuk mengevaluasi ketahanan sistem dalam kondisi nyata yang lebih kompleks.

4. Format QR Code yang digunakan saat ini hanya berisi NPM sehingga masih mudah direplikasi atau dipalsukan. Untuk meningkatkan keamanan autentikasi, QR Code dapat dikembangkan dengan menambahkan data tambahan seperti tanggal lahir, unique key atau hash verifikasi yang bersifat dinamis sehingga kode tidak mudah diduplikasi oleh pihak lain.
5. Sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan mekanisme proteksi fisik, seperti penggunaan aktuator dan sensor tambahan (solenoid lock, sensor magnetik, sensor ultrasonik atau sensor batas) untuk memastikan bahwa proses buka-tutup loker berlangsung sesuai kondisi sebenarnya. Penambahan komponen ini membantu mendeteksi apakah pintu loker benar-benar tertutup.
6. Pencegahan penyalahgunaan, seperti kasus pengguna lain yang memasukkan helm ke loker yang sedang dibuka oleh mahasiswa berbeda, dapat dilakukan dengan menambahkan kamera pengawas sehingga aktivitas penyimpanan dapat dipantau secara langsung.
7. Sistem dapat dikembangkan berbasis Internet of Things (IoT) sehingga status loker, riwayat akses dan daftar pengguna dapat dipantau melalui dashboard berbasis web atau aplikasi mobile secara real-time.
8. Antarmuka GUI perlu ditingkatkan agar lebih interaktif, ramah pengguna dan mudah diakses, termasuk dengan menambahkan tampilan status loker, grafik penggunaan serta mode monitoring admin yang memungkinkan

pengawasan aktivitas secara langsung, baik melalui komputer maupun perangkat mobile.

9. Optimalisasi sumber daya listrik dengan penggunaan adaptor atau sistem power supply yang lebih stabil, menggantikan baterai 9V yang cepat habis saat digunakan pada banyak servo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, R. R., & Haikal, M. (2023). Analisis tanggung jawab pengelola parkir terhadap kehilangan barang mahasiswa UIN Jakarta. *Jurnal Sains Student Research*, 807–814.
- Bhawadzier, A., Alhafiz, A., & Nugroho, N. B. (2024). Sistem security dan monitoring loker berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Sistem Komputer TGD*, 97–108.
- Demita, S. P., Yendri, D., & Suwandi, R. (2024). Rancang bangun sistem keamanan helm dan berkendara berbasis mikrokontroler. *CHIPSET: Journal on Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking*, 20–34.
- Fitri, Nurwicaksana, W. A., Saputra, A. A., & Pratama, M. S. (2024). Implementasi sistem keamanan IoT berbasis *QR Code* pada loker untuk peningkatan keamanan dan aksesibilitas. *Jurnal Elkolind*, 782.
- Habibi, F. A., & Nasir, M. (2024). Implementasi sistem IoT smart lock door menggunakan sensor RFID pada loker mess Puslatpur. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 563–572.
- Hadianysah, N. P., Tulloh, R., & Negara, R. M. (2020). Desain dan implementasi perangkat e-locker menggunakan *QR Code* dan website monitoring berbasis Internet of Things. *e-Proceeding of Applied Science*, 499.
- Luthfi, F. F., Midyanti, D. M., & Suhardi. (2022). Sistem keamanan pada loker berbasis Internet of Things. *Jurnal Fokus Elektroda*, 200–206.
- Najib, W., Sulisyto, S., & Widyawan. (2024). Implementasi sistem keamanan IoT berbasis *QR Code* pada loker untuk peningkatan keamanan dan aksesibilitas. *Jurnal Elkolind*, 782.
- Paryanto, Saputra, C. D., & Rusnaldy. (2024). Analisis keterlambatan gerak lengan robot manipulator berbasis Internet of Things. *ROTASI*, 78–90.
- Pratomo, D. W., Lim, R., & Thiang. (2020). Sistem akses parkir dengan *QR Code*. *Jurnal Teknik Elektro*, 8–13.
- Qomaruddin, M. N., Lasana, A. P., & Rizki, M. A. (2020). Prototype sistem pengaman loker penyimpanan otomatis dengan memanfaatkan *QR Code* dan Internet of Things (IoT). *JEECOM*, 41.
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. *JTST*, 17–22.
- Sulistiyowati, I., Ichsan, H. M., & Anshory, I. (2024). Konveyor penyortir objek dengan deteksi warna menggunakan kamera ESP-32 berbasis OpenCV Python. *Seminar Nasional Rekayasa, Sains dan Teknologi*, 35.
- Widodo, S., Istiqomah, R. N., Maulana, S., & Rochadi, A. (2016). Design of E-KTM based on contactless smartcard for access electro department parking service. *JAICT, Journal of Applied Information and Communication Technologies*, 1(2).
- Yusuf, A. I., Samsugi, S., & Trisnawati, F. (2020). Sistem pengaman pintu otomatis dengan mikrokontroler Arduino dan module RF remote. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, 1–6.



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI**

**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya  
 Bisa menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fikti.umsu.ac.id>

[fikti@umsu.ac.id](mailto:fikti@umsu.ac.id)

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.tiktok.com/@umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

**Berita Acara Pembimbingan Proposal**

Nama Mahasiswa : Reza Afriansyah  
 NPM : 2009020160  
 Program Studi : Teknologi Informasi  
 Judul Penelitian : Rancang Bangun Sistem Loker Helm Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO Dan Open CV Dengan Autentikasi QR Code E-KTM Mahasiswa UMSU  
 Nama Dosen Pembimbing : Mhd. Basri, S.Si., M.Kom

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
08/03/2025	Revisi Judul sesuai isi Skripsi	
11/03/2025	Revisi Latar belakang Masalah	
27/03/2025	Revisi Rumusan, Batasan Tujuan, dan Manfaat Penelitian	
15/04/2025	Memasukkan penelitian terdahulu yang relevan	
24/04/2025	Revisi Diagram blok sistem	
12/12/2025	Revisi gambar prototipe Projen	
18/04/2026	Revisi Tampilan utama aplikasi Program	
11/02/2026	Revisi kesimpulan dan saran	

Diketahui oleh :  
 Ketua Program Studi

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

Medan, 25 Mei 2026.

Disetujui oleh :  
 Dosen Pembimbing

(Mhd. Basri, S.Si., M.Kom)





**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Ella nora (awab) surat ini agar disebarkan  
monitor dan tanggapnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://www.umhu.ac.id>

[fik@umhu.ac.id](mailto:fik@umhu.ac.id)

[umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan)

[umsumedan](https://www.tiktok.com/@umsumedan)

[umsumedan](https://www.youtube.com/channel/UC...)

**FORMULIR PERBAIKAN UJIAN SKRIPSI**

Pada hari ini, Senin, 02 Maret 2026 telah dilaksanakan Ujian Skripsi bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sbb:

Nama Mahasiswa : Reza Afriansyah  
NPM : 2009020160  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Judul Proposal : Rancang Bangun Sistem Loker Helm Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO Dan Open CV Dengan Autentikasi QR Code E-KTM Mahasiswa UMSU

Materi/Point yang Diperbaiki :

		Paraf
NAMA Pembimbing: Mhd. Basri, S.Si., M.Kom	OK	
NAMA Penguji I: Dr. Firahmi Rizky, M.Kom	Memasukkan kendala dan solusi selama penelitian kedalam skripsi	
NAMA Penguji II: Halim Maulana, S.T., M.Kom	Menambahkan keamanan QR-CODE menjadi NPM dan tanggal lahir	

Berita acara ini **ditandatangani** setelah skripsi diperbaiki sesuai petunjuk/arahan dari Pembimbing dan Penguji/Pembahas.



Agensi Kelayakan Malaysia  
Malaysian Qualifications Agency

# RANCANG BANGUN SISTEM LOKER HELM OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN OPENCV DENGAN AUTENTIKASI QR CODE E-KTM MAHASISWA UMSU

## ORIGINALITY REPORT

<b>20%</b>	<b>19%</b>	<b>7%</b>	<b>11%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>repository.umsu.ac.id</b> Internet Source	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara</b> Student Paper	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>eprints.itn.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositori.umrah.ac.id</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universitas Muria Kudus</b> Student Paper	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>ojs.trigunadharma.ac.id</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universitas Sumatera Utara</b> Student Paper	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>eprints.umk.ac.id</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>