



**CYBER-PHYSICAL SYSTEM FINAL PROJECT REPORT**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**UNIVERSITAS INDONESIA**

**Brankas Berbasis Arduino dengan Pengaturan  
dan Verifikasi Kata Sandi**

**GROUP 12**

**Hafizyah Rayhan Zulikhram      2206029185**

**Hanif Nur Ilham Sanjaya      2206059692**

**Muhammad Sesarafli Aljagra      2206828071**

**Wendy Dharmawan      2206059591**

## PREFACE

Dalam beberapa tahun terakhir, kebutuhan akan peningkatan langkah-langkah keamanan menjadi semakin krusial dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari perlindungan barang pribadi hingga informasi sensitif. Sistem kunci dan gembok tradisional yang masih banyak digunakan sering kali tidak memadai dalam hal keamanan dan kenyamanan. Perkembangan teknologi digital memberikan peluang baru untuk meningkatkan sistem ini, yaitu dengan menjadikannya lebih aman dan lebih mudah digunakan.

Proyek yang berjudul "Brankas Berbasis Arduino dengan Pengaturan dan Verifikasi Kata Sandi" ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengembangan mekanisme penguncian yang modern dan aman menggunakan teknologi Arduino. Proyek ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sebuah brankas yang memanfaatkan mikrokontroler Arduino untuk mengelola pengaturan kata sandi serta proses verifikasi. Proyek ini bertujuan untuk menyediakan solusi keamanan yang kuat, andal, dan user-friendly.

Pemilihan Arduino sebagai inti dari proyek ini didasarkan pada fleksibilitas, aksesibilitas, dan dukungan komunitas yang luas. Mikrokontroler Arduino sangat ideal untuk pembuatan prototipe dan implementasi proyek elektronik, menawarkan keseimbangan yang sempurna antara fungsionalitas dan kesederhanaan.

Dalam proyek ini, kami akan mendalami desain komponen perangkat keras dan algoritma dari program Assembly yang diperlukan untuk membangun brankas ini. Kami juga akan membahas tantangan yang dihadapi selama proses pengembangan serta solusi yang diterapkan untuk mengatasinya. Tujuan utama adalah menciptakan sebuah brankas yang tidak hanya mampu melindungi barang berharga tetapi juga meningkatkan pengalaman pengguna melalui manajemen kata sandi yang aman dan efisien.

Depok, 26 Mei 2024

Group 12

## **TABLE OF CONTENTS**

### **CHAPTER 1. 4**

#### **INTRODUCTION.. 4**

1.1 PROBLEM STATEMENT. 4

1.3 ACCEPTANCE CRITERIA.. 5

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES. 5

1.5 TIMELINE AND MILESTONES. 5

### **CHAPTER 2. 7**

#### **IMPLEMENTATION.. 7**

2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC.. 7

2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT. 7

2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION.. 8

### **CHAPTER 3. 9**

#### **TESTING AND EVALUATION.. 9**

3.1 TESTING.. 9

3.2 RESULT. 9

3.3 EVALUATION.. 10

### **CHAPTER 4. 11**

#### **CONCLUSION.. 11**

# CHAPTER 1

## INTRODUCTION

### 1.1 PROBLEM STATEMENT

Di era digital saat ini, kebutuhan akan sistem keamanan yang lebih canggih dan efisien menjadi semakin mendesak. Sistem kunci konvensional seperti kunci fisik dan kombinasi mekanis sering kali tidak mampu memberikan tingkat keamanan yang memadai serta dapat dengan mudah dibobol. Selain itu, sistem ini kurang praktis dalam hal pengelolaan dan penggunaan sehari-hari.

Kelemahan ini menciptakan kebutuhan akan solusi keamanan yang lebih inovatif dan andal. Banyak pengguna menginginkan sistem keamanan yang tidak hanya kuat tetapi juga mudah dioperasikan. Dengan demikian, ada peluang besar untuk mengembangkan sebuah sistem keamanan yang memanfaatkan teknologi modern guna meningkatkan perlindungan dan kenyamanan pengguna.

Proyek "Brankas Berbasis Arduino dengan Pengaturan dan Verifikasi Kata Sandi" bertujuan mengatasi permasalahan ini dengan merancang dan mengimplementasikan sebuah brankas yang menggunakan mikrokontroler Arduino serta pemrograman assembly. Sistem ini memungkinkan pengguna mengatur dan memverifikasi kata sandi dengan cara yang lebih aman dan user-friendly. Dengan memanfaatkan teknologi Arduino dan keunggulan pemrograman assembly dalam hal kontrol rendah tingkat dan efisiensi, proyek ini berupaya menciptakan solusi keamanan yang lebih efektif dan praktis dibandingkan dengan sistem tradisional.

## 1.2 PROPOSED SOLUTION

Proyek ini bertujuan untuk menciptakan sebuah brankas yang canggih dan aman menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Brankas ini akan mengintegrasikan berbagai komponen dan fungsionalitas, termasuk pengaturan dan verifikasi kata sandi menggunakan kombinasi potensiometer dan tombol, menampilkan informasi melalui LCD dan 8x8 Matrix LED, serta fitur keamanan tambahan menggunakan sensor dan timer.

### **Komponen dan Fungsinya**

- Arduino Uno (ATMega328P)

Inti dari sistem yang mengelola semua operasi dan interaksi antara komponen.

- AVR Assembly

Digunakan untuk pemrograman tingkat rendah dan kontrol efisien terhadap komponen perangkat keras.

- ADC (Analog-to-Digital Converter)

Mengubah sinyal analog dari potensiometer, digunakan sebagai bagian dari mekanisme input kata sandi.

- Potensiometer

Berfungsi sebagai kunci kombinasi di mana value yang putarannya mewakili kata sandi yang diinput.

- Button

Digunakan untuk mengonfirmasi input dari potensiometer dan memasukkan entri kata sandi baru.

- Port Serial

Menampilkan informasi dari value potentiometer yang berguna untuk debugging dan pemantauan.

- MAX7219 LED Dot Matrix

Memberikan representasi visual dari status brankas yang mana bila posisi terkunci maka akan menampilkan huruf L (Locked), posisi terbuka menampilkan huruf U (Unlocked), Alarm kesalahan input password direpresentasikan sebagai huruf (A).

- Aritmatika

Menerapkan operasi aritmatika untuk memproses input ADC dan mengelola logika verifikasi kata sandi.

- Buzzer

Membunyikan alarm untuk upaya kata sandi yang salah.

- Interrupt

Digunakan untuk menangani event penekanan tombol yang memicu motor servo untuk membuka brankas ketika kata sandi yang benar dimasukkan.

- Motor Servo

Mewakili mekanisme penguncian yaitu dengan bergerak untuk mengunci atau membuka brankas berdasarkan verifikasi kata sandi.

- I2C & SPI Protokol

I2C digunakan untuk komunikasi dengan LCD untuk menampilkan status brankas, seperti Locked, Unlocked, atau Alarm.

- LED

Menunjukkan status brankas seperti Locked, Unlocked, atau Alarm.

- Photoresistor

Sensor tambahan yang meningkatkan fitur kenyamanan pengguna untuk menyalakan lampu di dalam brankas apabila terbuka.

## **Fungsionalitas**

- Pengaturan dan Verifikasi Kata Sandi Pengguna dalam mengatur kata sandi menggunakan kombinasi potensiometer dan button. Arduino akan memproses input ini melalui ADC dan memverifikasinya saat membuka brankas.
- MAX7219 LED Dot Matrix untuk menyatakan status brankas dalam kondisi seperti Locked, Unlocked, atau Alarm.
- Alarm Keamanan Buzzer berbunyi untuk 3 kali upaya password yang salah dan Photoresistor untuk mengaktifkan LED saat brankas dibuka.
- Penanganan Interrupt Mengelola mekanisme pembukaan dengan efisien menggunakan interrupt untuk penekanan button.

## **1.3 ACCEPTANCE CRITERIA**

The acceptance criteria of this project are as follows:

1. Sistem harus dapat melakukan pembacaan dan penyimpanan nilai ADC dari potentiometer
2. Nilai ADC dari potentiometer harus ditampilkan secara akurat pada serial monitor
3. Sistem harus dapat membaca interrupt yang dilakukan ketika dilakukan penekanan button
4. Sistem harus dapat menggerakkan servo melalui PWM ketika kombinasi password yang diinput benar
5. Sistem harus dapat mendisplay status dari brankas secara tepat pada matrix LED.

## 1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES

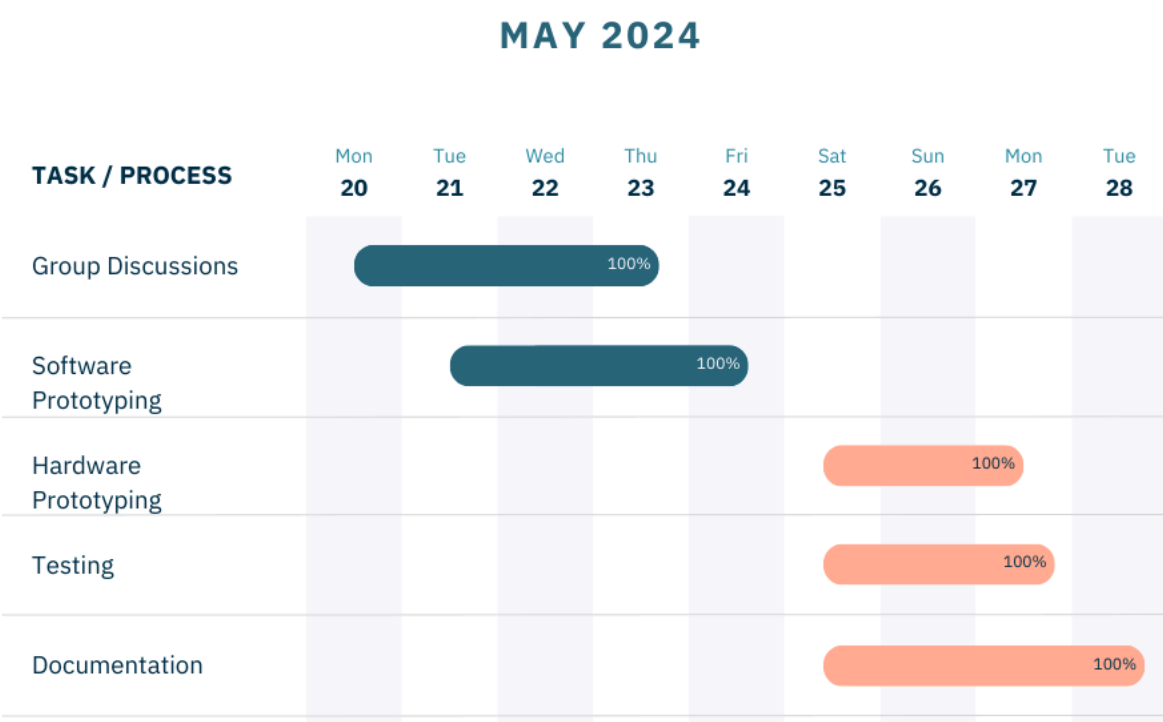
The roles and responsibilities assigned to the group members are as follows:

Roles	Responsibilities	Person
Role 1	Perancangan ide, pembuatan code dan flowchart, penyempurnaan rangkaian proteus, status table dan melengkapi chapter 2 pada laporan	Wendy Dharmawan
Role 2	Rangkaian Proteus awal, perakitan rangkaian fisik, laporan chapter 2 dan kesimpulan.	Hanif Nur Ilham Sanjaya
Role 3	Laporan (preface, chapter 1, sebagian besar chapter 3), penyediaan komponen, perakitan rangkaian fisik, dan pembuatan file Readme.	Hafizyah Rayhan
Role 4	Penyediaan komponen dan perakitan rangkaian fisik	Muhammad Sesarafli

Table 1. Roles and Responsibilities



# 1.5    TIMELINE AND MILESTONES



# CHAPTER 2

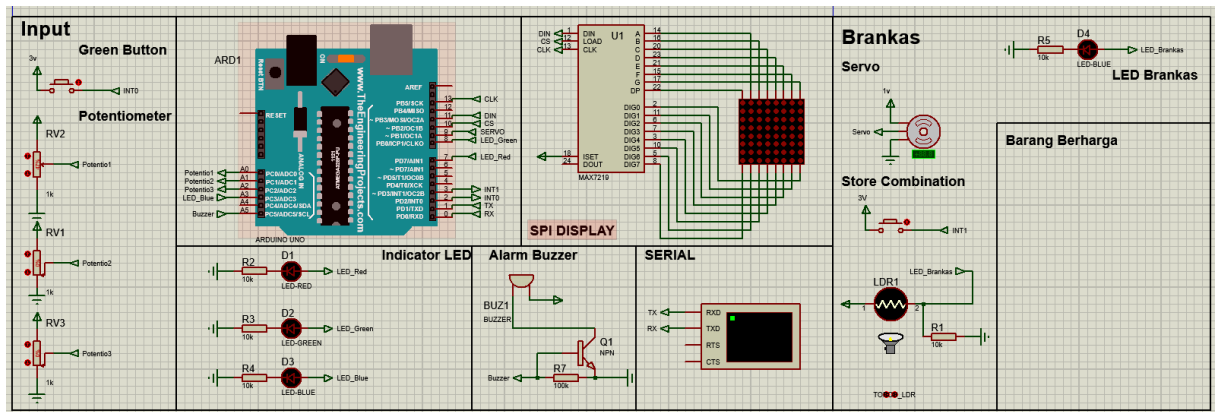
## IMPLEMENTATION

### 2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC

Desain hardware dirangkai dengan menggunakan beberapa komponen elektronik sebagai implementasi dari sistem brankas yang ingin dibuat. Komponen yang digunakan antara lain adalah Arduino Uno, MAX7219 LED Dot Matrix, 3 buah potentiometer, 2 buah button, 4 buah LED, LDR photoresistor, servo, transistor, dan buzzer.

Rincian penggunaan setiap komponen adalah sebagai berikut. Arduino Uno akan digunakan sebagai microcontroller pusat instruksi assembly dilakukan. MAX7219 LED Dot Matrix akan menampilkan status dari brankas. Tiga buah potensiometer digunakan sebagai input pengguna dalam mengatur atau memasukkan sandi. Dua buah button digunakan sebagai trigger interrupt untuk menyimpan sandi yang diinputkan dan untuk pemutaran servo. Tiga buah LED berfungsi sebagai indikator visual, di antaranya LED biru akan menyala sebagai indikator kondisi brankas telah terbuka (servo diputar 90 derajat), LED merah menandakan kombinasi sandi dari potentiometer telah di-set, LED hijau menandakan telah ditekannya button yang ditekan untuk membuka brankas. LDR photoresistor digunakan sebagai sensor cahaya untuk menyalakan LED secara otomatis ketika kurangnya penerangan. Servo digunakan sebagai aktuator untuk menggerakkan tuas pengunci brankas. Buzzer berfungsi sebagai alarm yang akan berbunyi jika terjadi kesalahan input sandi sebanyak tiga kali.

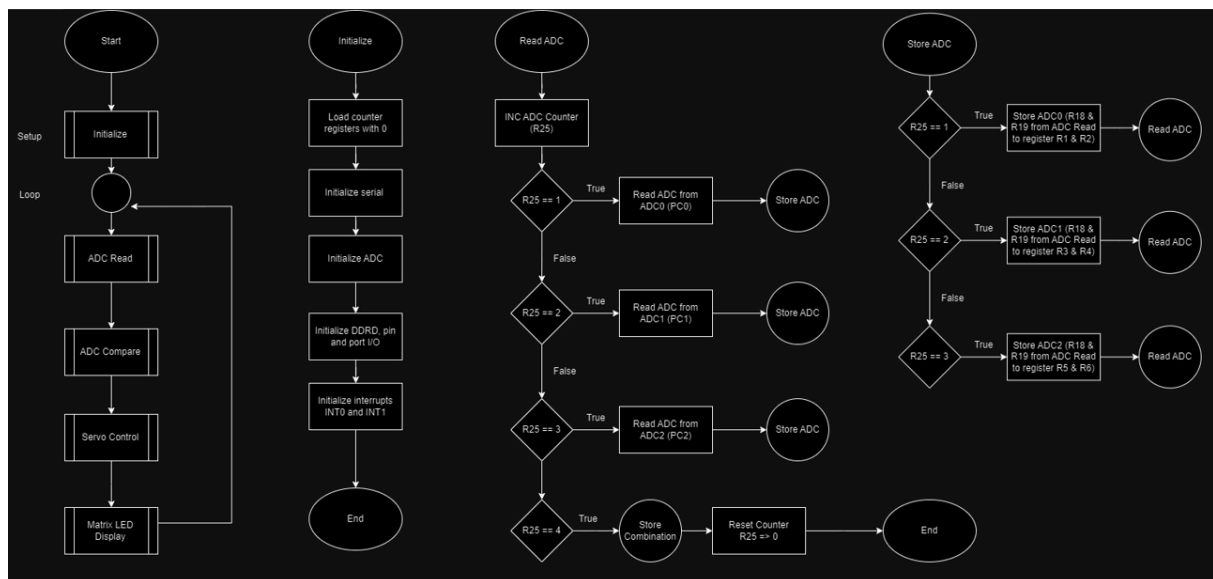
Diagram schematic dibuat menggunakan software Proteus untuk menggambarkan koneksi antar komponen. Gambar 2.1 menunjukkan diagram schematic dari sistem brankas yang dirancang.

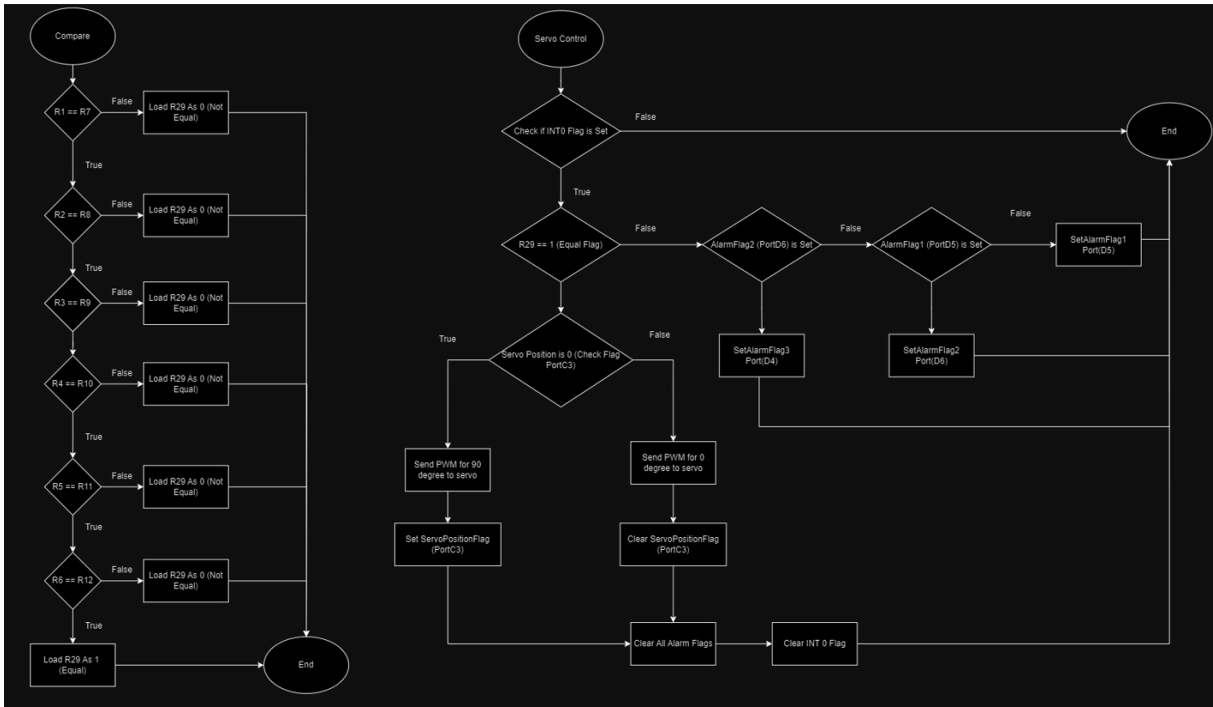


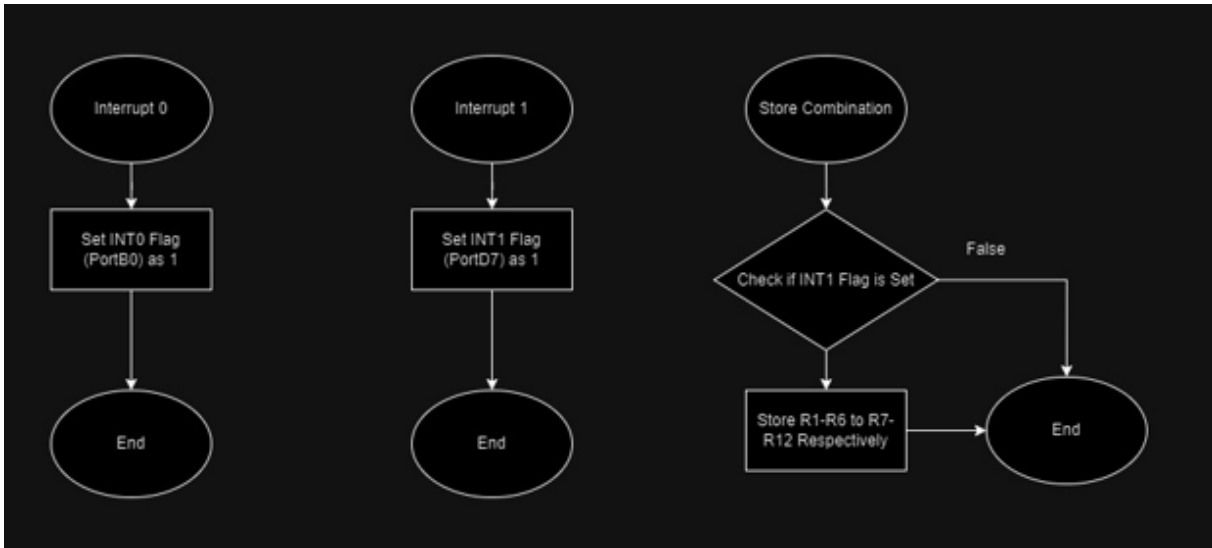
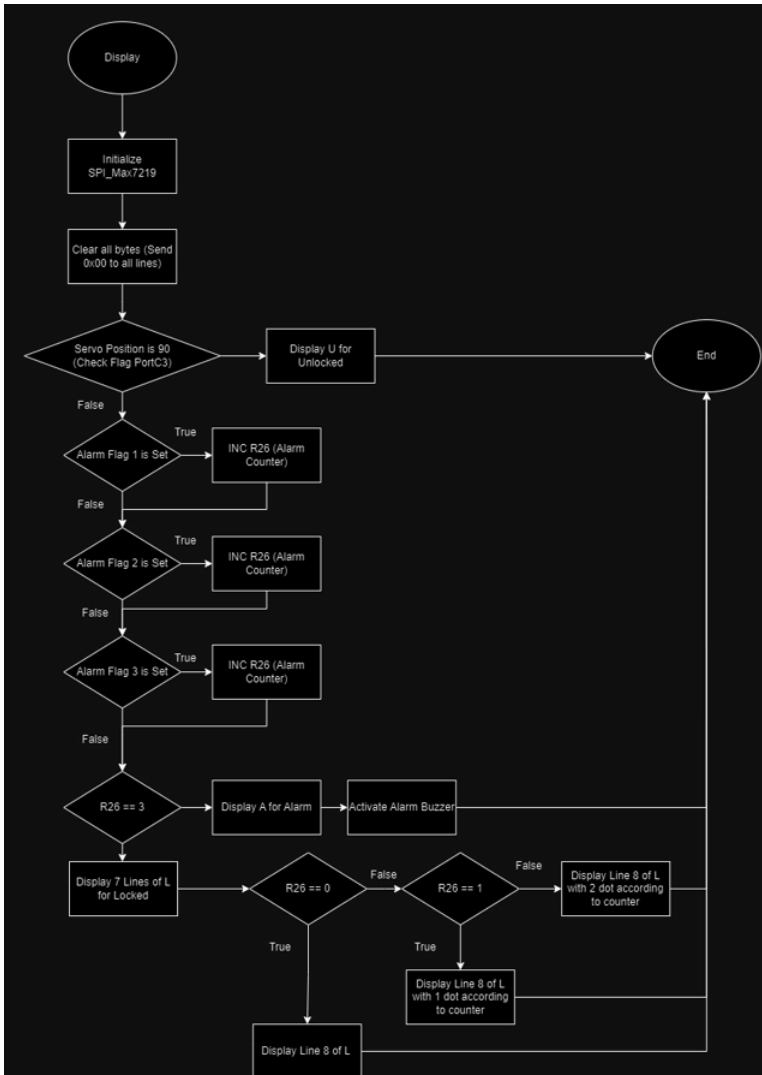
Gambar 2.1 Schematic Diagram

## 2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT

Pengembangan perangkat lunak (software) untuk sistem brankas ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Assembly untuk operasi arduino dan bahasa C sebagai main program yang memanggil bagian kode assembly dan menyediakan interrupt. Alur kerja sistem brankas digambarkan dalam bentuk flowchart seperti ditunjukkan pada gambar berikut.







Secara garis besar, alur kerja sistem brankas adalah sebagai berikut:

Inisialisasi sistem. Pada tahap ini, semua komponen dan register diinisialisasi dengan nilai awal yang sesuai. Komunikasi serial, ADC, dan interrupt juga diaktifkan dengan konfigurasi yang telah disesuaikan. Nilai default dari sandi adalah 0x00 untuk ketiga potentiometer, nilai ini dapat diganti dengan mengaktifkan button merah yang menginisiasi interrupt untuk mengubah nilai dari potentiometer yang tersimpan.

Peng-input-an sandi. Pengguna memutar tiga potentiometer untuk menginputkan sandi brankas. Nilai analog masing-masing potentiometer dikonversi menjadi nilai digital melalui ADC dan disimpan kedalam register. Nilai masing-masing dari potentiometer juga ditampilkan melalui serial monitor.

Penyimpanan sandi. Jika tombol penyimpanan ditekan, sandi yang diinputkan akan disimpan sebagai sandi valid untuk membuka brankas, dengan menyimpan nilai tersebut dalam register yang berbeda. Tombol ini diposisikan didalam brankas sehingga hanya dapat digunakan ketika brankas berada di dalam kondisi terbuka.

Perbandingan sandi. Sandi yang diinputkan oleh pengguna akan dibandingkan dengan sandi valid yang telah disimpan sebelumnya. Jika sandi cocok, suatu register yang berperan sebagai flag akan diberi 1, yang menandakan terdapat kecocokan nilai sandi dan brankas dapat terbuka ketika interrupt untuk membuka brankas diberikan. Jika tidak cocok, kesalahan input dengan meng-increment suatu register yang berperan sebagai counter.

Kontrol servo. Jika sandi cocok, servo akan berputar ke posisi 90 derajat untuk membuka brankas. Jika sandi tidak cocok maka brankas tertutup, yang mana servo akan berputar ke posisi 0 derajat. Pergerakan servo diatur dengan menggunakan PWM pada pin output servo.

Indikator dan alarm. LED biru akan menyala jika brankas terbuka, yaitu ketika servo berada di posisi 90 derajat. Jumlah kesalahan input sandi akan ditunjukkan oleh display SPI, yaitu MAX7219 LED Dot Matrix. Jika terjadi tiga kali kesalahan input sandi, buzzer akan berbunyi sebagai alarm.

MAX7219 LED Dot Matrix akan menampilkan status brankas, seperti “L” yang menandakan “LOCKED” atau brankas tetap terkunci dengan jumlah percobaan yang tersisa, serta “U” menandakan “UNLOCKED” atau brankas telah terbuka.

LDR berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya dan menyalakan LED di dalam brankas untuk memberikan penerangan pada brankas. Posisi LDR diposisikan di bagian belakang dari pintu brankas sehingga akan aktif ketika pintu brankas dibuka dan terkena cahaya.

## **2.3        HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION**

Setelah perancangan hardware dan pengembangan perangkat lunak selesai, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan keduanya menjadi satu sistem yang utuh. Integrasi hardware dan software melibatkan penggabungan komponen-komponen elektronik dengan kode program yang telah dibuat.

Proses integrasi dimulai dengan memasang semua komponen hardware sesuai dengan diagram schematic yang telah dirancang. Arduino Uno sebagai microcontroller utama dihubungkan dengan komponen-komponen lain seperti MAX7219 LED Dot Matrix, potentiometer, button, LED, LDR photoresistor, servo, dan buzzer. Setiap komponen dipasang pada pin yang sesuai di Arduino Uno sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan dalam kode program.

Setelah semua komponen terpasang dengan benar, langkah selanjutnya adalah mengunggah kode program ke dalam Arduino Uno. Kode program yang telah ditulis dalam bahasa Assembly dan C++ di-compile dan di-upload menggunakan Arduino IDE. Proses ini mentransfer instruksi-instruksi program ke dalam memori microcontroller agar dapat dieksekusi.

Selama proses integrasi, dilakukan pengujian bertahap untuk memastikan setiap bagian sistem berfungsi seperti yang diharapkan. Jika ditemukan masalah atau ketidaksesuaian selama pengujian, dilakukan perbaikan dan penyesuaian pada hardware atau software hingga sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Setelah semua pengujian berhasil dan sistem berjalan dengan baik, integrasi hardware dan software dianggap selesai. Sistem brankas yang telah terintegrasi siap untuk pengujian lebih lanjut dan evaluasi kinerja secara keseluruhan.

Tabel Status output rangkaian adalah sebagai berikut:

- Red LED diaktifkan INIT 1 yang berfungsi untuk menyimpan kombinasi password
- Green LED diaktifkan INIT 0 yang berfungsi untuk mengset flag untuk menjalankan servo
- Blue LED menandakan posisi servo saat ini

Status	Red LED	Green Led	Blue Led	Servo	Led Brankas	Buzzer	Matrix LED Display
Initialize	0	0	0	0°	0	0	L
Locked, INT0 dengan pw benar	0	1->0	0->1	0° -> 90°	0->1	0	L->U
Locked, INT0 dengan pw salah 1x	0	1->0	0	0°	0	0	L -> L-1
Locked, INT0 dengan pw salah 2x	0	1->0	0	0°	0	0	L-1 -> L-2
Locked, INT0 dengan pw salah 3x	0	1->0	0	0°	0	0->1	L-2->A
Pw salah 1/2 x, INT0 dengan pw benar	0	1->0	0->1	0° -> 90°	0->1	0	L-1 / L-2 -> U
PW salah 3x, INT0 dengan pw benar	0	1->0	0->1	0° -> 90°	0->1	1->0	A -> U
Unlocked, INT0 dengan pw benar	0	1->0	1->0	90° -> 0°	1->0	0	U->L
Unlocked, INT0 dengan pw salah	0	1->0	1	90°	1	0	U
INT1 untuk store kombinasi pw	1->0	0	Prev	Prev	Prev	Prev	Prev

\*Prev = Previous state

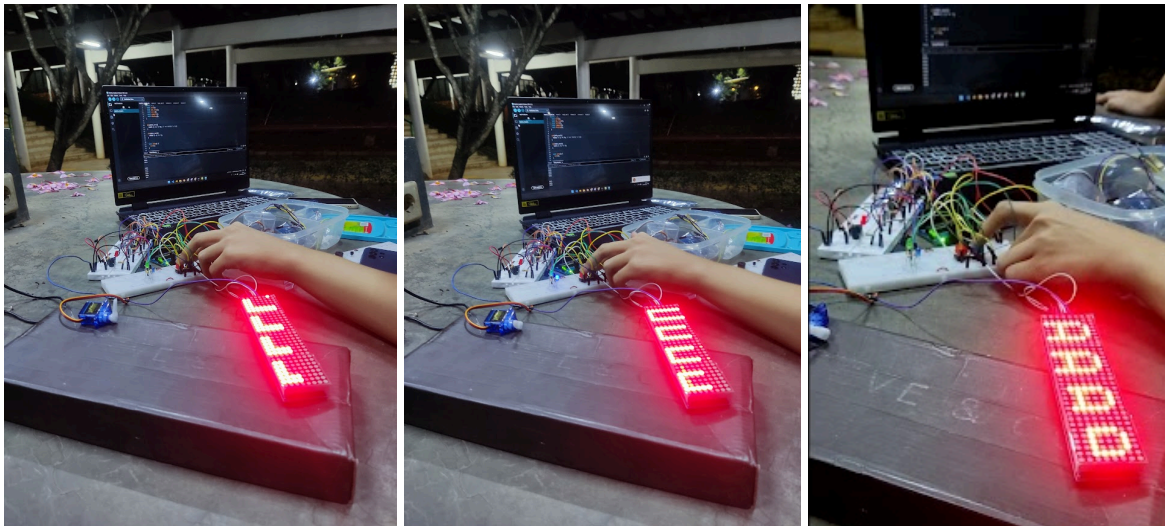


# CHAPTER 3

## TESTING AND EVALUATION

### 3.1 TESTING

Setelah integrasi hardware dan software selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian menyeluruh terhadap sistem brankas. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa sistem brankas berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan memenuhi kriteria yang ditetapkan. Berikut adalah beberapa skenario pengujian yang dilakukan:



Pengujian dilakukan dengan mencoba menampilkan state-state yang telah dibuat. Pada awal saat kode di-compile ke arduino maka state yang akan muncul pertama kali adalah state L (Locked) yang menandakan bahwa brankas masih dalam keadaan terkunci. Default password dari brankas tersebut sebelum diset adalah 0000 0000 0000 sehingga dengan memposisikan ketiga potentiometer dalam nilai terendahnya yaitu 0000 akan dapat membuka brankas untuk pertama kalinya ketika brankas dihidupkan.

State selanjutnya yaitu U (Unlocked) dimana brankas berhasil terbuka setelah terjadi kecocokan password. Pada state unlocked user dapat melakukan store password sesuai dengan posisi potentiometer sesaat sebelum disimpan. Setelah password baru berhasil disimpan maka user dapat menutup kembali brankas dan kembali ke state L (Locked).

Pengujian juga dilakukan terhadap 3 kali kesalahan dalam upaya input password yang akan membunyikan buzzer dan menampilkan huruf A (Alarm) di LED Display. Pada percobaan, pergerakan servo juga sesuai, dimana servo hanya bergerak menuju 90 derajat ketika kombinasi password yang dimasukkan benar, yaitu serentak ketika display berganti menjadi fase unlocked, dan akan kembali menuju 0 derajat ketika display berganti menjadi fase locked.

## **3.2 RESULT**

Sejauh pengetesan yang dilakukan, nilai dari potensiometer berhasil dikirimkan dengan akurat ke mikrokontroler Arduino. Mikrokontroler dapat memproses nilai tersebut melalui ADC dan menggunakannya sebagai bagian dari mekanisme pengaturan dan verifikasi kata sandi. Sistem berhasil mengonversi posisi potensiometer menjadi angka digital yang konsisten, yang kemudian diolah untuk menentukan validitas kata sandi yang dimasukkan.

Selanjutnya, tampilan pada LCD dan 8x8 Matrix LED menunjukkan pesan yang sesuai berdasarkan input yang diterima. Pengguna dapat dengan mudah melihat informasi seperti “L” yang menandakan “LOCKED” atau brankas tetap terkunci dengan jumlah percobaan yang tersisa, serta “U” menandakan “UNLOCKED” atau brankas telah terbuka dan yang terakhir adalah “A” yang menandakan “Alarm” atau upaya gagal input password sudah mencapai 3 kali.

Selain itu, tombol yang digunakan untuk mengonfirmasi entri kata sandi juga berfungsi dengan baik. Setiap kali tombol ditekan, sistem dengan cepat dan tepat mengidentifikasi event tersebut berkat penggunaan interrupt, memastikan tidak ada delay dalam respons.

Pengujian lainnya menunjukkan bahwa motor servo dapat mengunci dan membuka brankas dengan benar ketika kata sandi yang benar dimasukkan. Alarm keamanan berupa buzzer juga aktif saat terjadi upaya pembobolan, memberikan feedback audio yang jelas. Photoresistor juga bekerja sebagaimana mestinya yaitu menyalakan lampu saat kondisi terang atau brankas terbuka.

Secara keseluruhan, semua komponen yang terintegrasi dalam sistem ini berfungsi sesuai dengan desain awal, menciptakan brankas yang aman dan mudah digunakan, yang berhasil menggabungkan teknologi modern dengan kebutuhan keamanan praktis sehari-hari.

### **3.3 EVALUATION**

Pembuatan proyek ini tentu tidak luput dari beberapa evaluasi yang tentunya dapat memengaruhi kenyamanan dari user. Beberapa evaluasi tersebut diantaranya adalah nilai dari potentiometer yang terkadang tidak konsisten sehingga dapat memengaruhi pembacaan pada ADC. Hal ini tentu bisa diatasi dengan memastikan bahwa faktor hardware dari Potentiometer berjalan dengan baik.

Namun secara garis besar, pembuatan proyek telah dilakukan secara maksimal dengan rangkaian baik secara digital maupun fisik berjalan dan memenuhi acceptance criteria yang ditentukan. Pengaturan servo, alarm, display melalui serial, dan sistem penyimpanan kombinasi yang baik menjamin brankas dapat bekerja dengan baik dan memberikan keamanan dalam melakukan penyimpanan benda berharga.

# CHAPTER 4

## CONCLUSION

Proyek "Brankas Berbasis Arduino dengan Pengaturan dan Verifikasi Kata Sandi" telah berhasil dirancang, diimplementasikan, dan diuji dengan hasil yang sesuai ekspektasi. Sistem brankas yang dikembangkan menggabungkan hardware dan software secara efektif untuk menciptakan solusi keamanan yang inovatif dan user-friendly.

Melalui penggunaan mikrokontroler Arduino Uno dan pemrograman assembly, proyek ini berhasil mengimplementasikan fitur-fitur utama seperti pengaturan dan verifikasi kata sandi menggunakan potensiometer dan tombol, representasi visual status brankas melalui MAX7219 LED Dot Matrix, serta mekanisme penguncian dengan motor servo. Integrasi komponen-komponen tambahan seperti LED, buzzer, dan photoresistor juga meningkatkan fungsionalitas dan kenyamanan pengguna.

Pengujian menyeluruh terhadap sistem menunjukkan bahwa brankas dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Pengaturan dan verifikasi kata sandi berjalan dengan akurat, tampilan visual memberikan informasi yang jelas, dan mekanisme penguncian bekerja optimal. Sistem juga mampu mendeteksi upaya pembobolan dan memberikan respons yang sesuai, seperti membunyikan alarm dan mengunci brankas setelah beberapa kali percobaan yang salah.

Meskipun demikian, terdapat beberapa area yang dapat ditingkatkan lebih lanjut. Konsistensi pembacaan nilai potensiometer dapat ditingkatkan dengan menggunakan komponen yang lebih presisi atau menerapkan algoritma filtering. Selain itu, penambahan fitur seperti log aktivitas atau konektivitas nirkabel dapat meningkatkan keamanan dan kemudahan pemantauan.

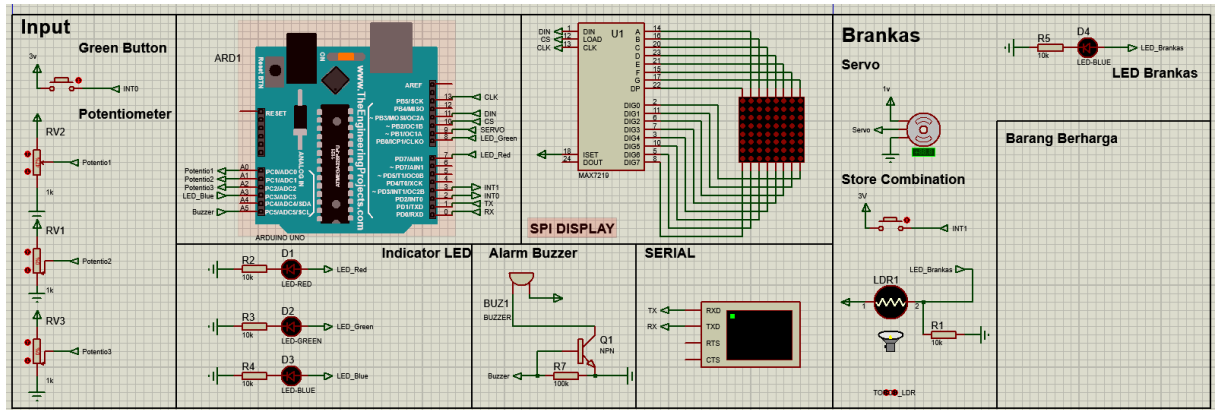
Secara keseluruhan, proyek ini mendemonstrasikan potensi penggunaan mikrokontroler AVR dan pemrograman assembly dalam mengembangkan sistem keamanan yang canggih dan praktis. Dengan perancangan yang cermat dan pengujian yang menyeluruh, brankas berbasis Arduino ini menawarkan solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan perlindungan barang berharga dalam penggunaan sehari-hari.

## REFERENCES

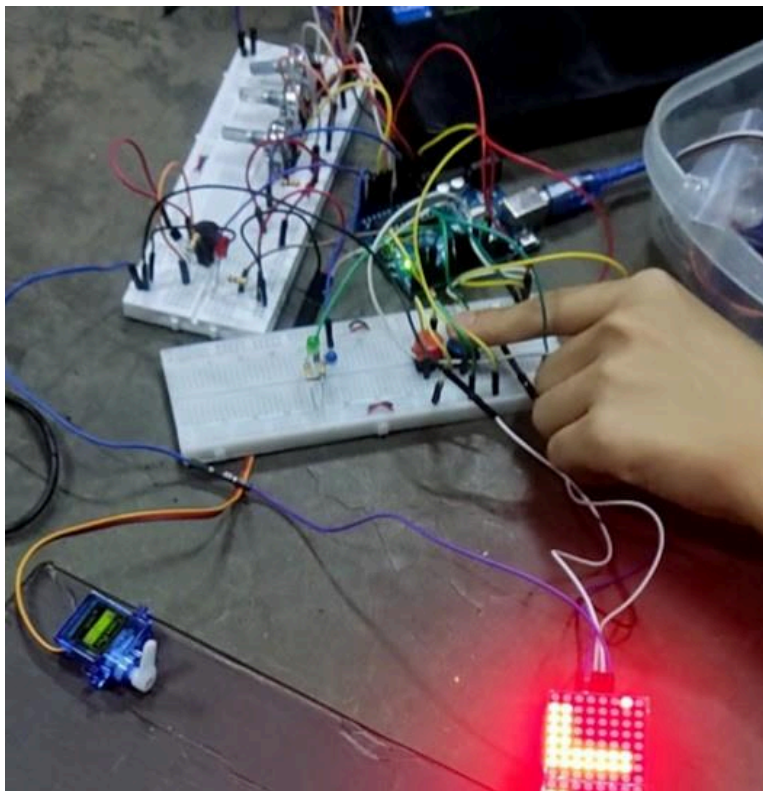
- [1] “Modul 3 SSF – Analog to Digital Converter,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [2] “Modul 4 SSF – Serial Port,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [3] “Modul 5 SSF – Arithmetic,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [4] “Modul 6 SSF – Timer,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [5] “Modul 7 SSF – Interrupt,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [6] “Modul 8 SSF – SPI & I2C,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [7] “Modul 9 SSF – Sensor Interfacing,” Digital Laboratory UI, 2024. <https://emas2.ui.ac.id>
- [8] Anas Kuzechie, “Assembly via Arduino (part 26) - Servo Motor SG90,” YouTube, Dec. 27, 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=ZqbKUDZw6vM> (accessed May 28, 2024).

## APPENDICES

### Appendix A: Project Schematic



### Appendix B: Documentation



### Appendix C: Github Repository

<https://github.com/Ashennwitch/finpro-ssf-brankas>