



**ALAT PEMBELAJARAN BENTUK DAN WARNA DENGAN METODE  
*MONTESSORI* BERBASIS *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*  
MENGUNAKAN *FLASHCARD* DAN ESP32-CAM**



**TUGAS AKHIR**

**Program Studi  
S1 TEKNIK KOMPUTER**

**UNIVERSITAS  
Dinamika**

**Oleh:**

**Bayu Krisna Wijayanto**

**21410200007**

---

---

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**

**UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2025**

**ALAT PEMBELAJARAN BENTUK DAN WARNA DENGAN METODE  
*MONTESSORI* BERBASIS *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*  
MENGUNAKAN *FLASHCARD* DAN ESP32-CAM**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Sarjana**



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**Oleh :**

**Nama : BAYU KRISNA WIJAYANTO**  
**NIM : 21410200007**  
**Program Studi : S1 Teknik Komputer**

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2025**

## TUGAS AKHIR

### ALAT PEMBELAJARAN BENTUK DAN WARNA DENGAN METODE MONTESSORI BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE MENGUNAKAN FLASHCARD DAN ESP32-CAM

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Bayu Krisna Wijayanto**

**NIM : 21410200007**

Telah diperiksa, dibahas dan disetujui oleh Dewan Pembahas

Pada: Kamis, 24 Juli 2025

#### Susunan Dewan Pembahas

##### Pembimbing:

I. Harianto, S.Kom., M.Eng.  
NIDN: 0722087701

II. Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT.  
NIDN: 0721047201

cn=Harianto Harianto,  
o=Universitas Dinamika,  
ou=Prodi S1 Teknik Komputer,  
email=harianto@dinamika.ac.id, c=ID  
2025.08.07 16:51:54 +07'00'

cn=Weny Indah Kusumawati,  
o=Undika, ou=Prodi S1 TK-FTI,  
email=weny@dinamika.ac.id, c=ID  
2025.08.06 18:44:10 +07'00'

##### Pembahas:

Heri Pratikno, M.T.  
NIDN: 0716117302

Digitally signed by Heri Pratikno, M.T.  
DN: cn=Heri Pratikno, M.T.,  
o=Universitas Dinamika, ou=S1 Teknik  
Komputer, email=heri@dinamika.ac.id,  
c=ID  
Date: 2025.08.08 16:05:01 +07'00'  
Adobe Acrobat version: 11.0.23

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana

Digitally signed by  
Julianto

Date: 2025.08.12  
18:51:49 +07'00'

Julianto Lemantara, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0722108601

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika  
UNIVERSITAS DINAMIKA

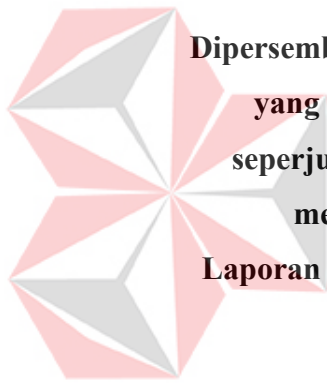


*“Ilmu tanpa keraguan adalah dogma. Keraguan tanpa ilmu adalah kegelapan.*

*Titik temu keduanya adalah api yang menerangi peradaban.”*

*~ Bayu Krisna Wijayanto ~*

UNIVERSITAS  
Dinamika



**Dipersembahkan kepada Bapak-Ibu, Kakak-Kakak, dan Keponakan tercinta yang selalu memberikan inspirasi. Juga kepada Sahabat dan Teman seperjuangan yang telah berkolaborasi, mendukung secara moril, serta memberikan semangat kerja sama selama proses penyusunan. Laporan Tugas Akhir ini adalah sebuah bukti bahwa orang yang gagal juga berhak untuk sukses.**

**PERNYATAAN**  
**PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Sebagai mahasiswa **Universitas Dinamika**, Saya :

Nama : **Bayu Krisna Wijayanto**  
NIM : **21410200007**  
Program Studi : **S1 Teknik Komputer**  
Fakultas : **Fakultas Teknologi dan Informatika**  
Jenis Karya : **Laporan Tugas Akhir**  
Judul Karya : **ALAT PEMBELAJARAN BENTUK DAN WARNA  
DENGAN METODE MONTESSORI BERBASIS  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE MENGGUNAKAN  
FLASHCARD DAN ESP32-CAM**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, Saya menyetujui memberikan kepada **Universitas Dinamika** Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/sebagian karya ilmiah Saya tersebut diatas untuk disimpan, dialihmediakan, dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Karya tersebut diatas adalah hasil karya asli Saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya, atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini semata-mata hanya sebagai rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka Saya.
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiasi pada karya ilmiah ini, maka Saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada Saya.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 7 Juli 2025



Bayu Krisna Wijayanto  
NIM : 21410200007

## ABSTRAK

Pendidikan anak usia dini memegang peranan penting dalam pengembangan kognitif anak, khususnya dalam pengenalan bentuk dan warna. Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat pembelajaran berbasis metode Montessori yang memanfaatkan kecerdasan buatan (AI), *flashcard*, dan modul ESP32-CAM. Alat ini dirancang untuk mengenali tiga bentuk geometri dasar (segitiga, persegi, lingkaran) dan empat warna primer (merah, kuning, hijau, biru) menggunakan model FOMO (*Faster Objects, More Objects*) dari *platform* Edge Impulse. Hasil pengujian sistem menunjukkan tingkat akurasi yang berbeda-beda tergantung kondisi lingkungan. Dalam ruangan tertutup tanpa pengaturan pencahayaan khusus, alat mencapai akurasi sempurna (100%) untuk semua bentuk dan warna kecuali persegi kuning yang sama sekali tidak terdeteksi (0%). Ketika pencahayaan di ruangan tertutup dikondisikan secara optimal, akurasi untuk persegi kuning meningkat signifikan menjadi 90% (27 deteksi benar dari 30 percobaan). Sementara itu, pada kondisi ruangan terbuka dengan pencahayaan alami, persegi kuning tetap menunjukkan akurasi terendah sebesar 77% (23 deteksi benar dari 30 percobaan). Sistem ini dilengkapi dengan modul DFPlayer Mini untuk memberikan umpan balik suara dan dirancang dengan ergonomi yang sesuai untuk anak usia dini. Implementasi alat ini secara efektif memadukan prinsip pembelajaran Montessori dengan teknologi terkini, menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan mandiri bagi pengguna.

**Kata Kunci:** Pendidikan Anak Usia Dini, Montessori, Artificial Intelligence.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Alat Pembelajaran Bentuk dan Warna Dengan Metode *Montessori* Berbasis *Artificial Intelligence* Menggunakan *Flashcard* dan ESP32-CAM". Selama penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi, bimbingan, serta dukungan. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan penyertaan-Nya yang memampukan penulis menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta, atas dukungan moral, motivasi, serta pengorbanan yang tak ternilai selama proses pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Julianto Lemantara, S.Kom., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Dinamika.
4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku Ketua Prodi S1 Teknik Komputer atas masukan dan sarannya yang berharga demi penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Harianto, S.Kom., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan wawasan teknis selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Weny Indah Kusumawati, S.Kom., M.MT., selaku Dosen Pembimbing 2 sekaligus Dosen Wali yang selalu menyemangati dan membimbing penulis dengan sabar dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Heri Pratikno, M.T., MTCNA., MTCRE., selaku Dosen Pembahas yang memberikan kritik konstruktif untuk penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan S1 Teknik Komputer Angkatan 2021, atas kolaborasi dan semangat kolegial selama masa studi.
9. Cubon Fams, atas dukungan emosional dan kebersamaan yang menciptakan lingkungan kondusif bagi penyelesaian Tugas Akhir.



10. Marc Márquez, pembalap MotoGP, yang menjadi panutan penulis dalam etos kerja dan jiwa pantang menyerah selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Segenap pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas bantuan langsung maupun tidak langsung dalam realisasi Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan koreksi bersifat membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan karya ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya 24 Juli 2025

Penulis



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Metode <i>Montessori</i> .....	5
2.2 <i>Flashcard</i> .....	6
2.3 <i>Artificial Intelligence</i> .....	6
2.3.1 Machine Learning .....	7
2.3.2 FOMO .....	7
2.3.3 <i>Edge Impulse</i> .....	8
2.4 ESP32-CAM .....	11
2.5 Arduino IDE.....	12
2.6 DFPlayer Mini.....	12
2.7 MT3608 <i>Buck Converter</i> .....	13
2.8 TP4056 <i>Charging Module</i> .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Studi Literatur .....	15
3.2 Perancangan Sistem .....	15
3.2.1 Diagram Blok Sistem.....	16
3.2.2 Diagram Alir Sistem .....	17
3.3 Perancangan Alat.....	19

3.4 Analisis Data .....	21
3.5 Evaluasi dan Validasi .....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Validasi Proses <i>Training</i> Data .....	23
4.1.1 Prosedur Validasi <i>Training</i> Data .....	23
4.1.2 Hasil Validasi Model FOMO .....	23
4.2 Pengujian Pengenalan Bentuk dan Warna.....	24
4.2.1 Metode Pengenalan Bentuk dan Warna .....	25
4.2.2 Prosedur Pengujian .....	27
4.2.3 Hasil Pengujian Pengenalan Bentuk dan Warna.....	27
4.2.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bentuk dan Warna .....	31
BAB V PENUTUP.....	33
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	36



UNIVERSITAS  
Dinamika

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi pembelajaran montessori.....	5
Gambar 2.2 <i>Flashcard</i> .....	6
Gambar 2.3 Arsitektur MobileNetV2.....	8
Gambar 2.4 Logo Edge Impulse .....	9
Gambar 2.5 ESP32-CAM .....	11
Gambar 2.6 Logo Arduino IDE.....	12
Gambar 2.7 DFPlayer Mini.....	13
Gambar 2.8 MT3608 <i>buck converter</i> .....	14
Gambar 2.9 TP4056 <i>charging module</i> .....	14
Gambar 3.1 Diagram blok sistem .....	16
Gambar 3.2 Diagram alir sistem .....	18
Gambar 3.3 Skematik alat.....	20
Gambar 3.4 Desain kerangka alat .....	21
Gambar 4.1 Pengujian pada ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan	25
Gambar 4.2 Pengujian pada ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan .	26
Gambar 4.3 Pengujian pada ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan	26

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil validasi model FOMO .....	24
Tabel 4.2 Hasil pengenalan lingkaran merah di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	28
Tabel 4.14 Hasil pengenalan lingkaran merah di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan .....	29
Tabel 4.26 Hasil pengenalan lingkaran merah di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan .....	30
Tabel 4.38 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	31
Tabel 4.39 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	32
Tabel 4.40 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	32
Tabel 4.3 Hasil pengenalan lingkaran biru di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	40
Tabel 4.4 Hasil pengenalan lingkaran hijau di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	41
Tabel 4.5 Hasil pengenalan lingkaran kuning di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	42
Tabel 4.6 Hasil pengenalan persegi merah di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	43
Tabel 4.7 Hasil pengenalan persegi biru di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	44
Tabel 4.8 Hasil pengenalan persegi hijau di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	45
Tabel 4.9 Hasil pengenalan persegi kuning di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	46
Tabel 4.10 Hasil pengenalan segitiga merah di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	47
Tabel 4.11 Hasil pengenalan segitiga biru di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan .....	48
Tabel 4.12 Hasil pengenalan segitiga hijau di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	49

Tabel 4.13 Hasil pengenalan segitiga kuning di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	50
Tabel 4.15 Hasil pengenalan lingkaran biru di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	51
Tabel 4.16 Hasil pengenalan lingkaran hijau di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	52
Tabel 4.17 Hasil pengenalan lingkaran kuning di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	53
Tabel 4.18 Hasil pengenalan persegi merah di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan.....	54
Tabel 4.19 Hasil pengenalan persegi biru di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	55
Tabel 4.20 Hasil pengenalan persegi hijau di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	56
Tabel 4.21 Hasil pengenalan persegi kuning di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	57
Tabel 4.22 hasil pengenalan segitiga merah di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	58
Tabel 4.23 Hasil pengenalan segitiga biru di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	59
Tabel 4.24 Hasil pengenalan segitiga hijau di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	60
Tabel 4.25 Hasil pengenalan segitiga kuning di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan.....	61
Tabel 4.27 Hasil pengenalan lingkaran biru di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	62
Tabel 4.28 Hasil pengenalan lingkaran hijau di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	63
Tabel 4.29 Hasil Pengenalan lingkaran kuning di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	64
Tabel 4.30 Hasil pengenalan persegi merah di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	65
Tabel 4.31 Hasil pengenalan persegi biru di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan .....	66
Tabel 4.32 Hasil pengenalan persegi hijau di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan .....	67
Tabel 4.33 Hasil pengenalan persegi kuning di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	68

Tabel 4.34 Hasil pengenalan segitiga merah di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	69
Tabel 4.35 Hasil pengenalan segitiga biru di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan .....	70
Tabel 4.36 Hasil pengenalan segitiga hijau di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	71
Tabel 4.37 Hasil pengenalan segitiga kuning di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.....	72



UNIVERSITAS  
**Dinamika**



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program Pengenalan Bentuk dan Warna .....	36
Lampiran 2 Lanjutan Hasil Pengujian Pada Ruangan Tertutup Tanpa Pengkondisian Pencahayaan .....	40
Lampiran 3 Lanjutan Hasil Pengujian Pada Ruangan Tertutup Tanpa Pengkondisian Pencahayaan .....	51
Lampiran 4 Lanjutan Hasil Pengujian Pada Ruangan Tertutup Tanpa Pengkondisian Pencahayaan .....	62
Lampiran 5 Bukti Originalitas .....	73
Lampiran 6 Kartu Konsultasi Bimbingan Tugas Akhir .....	75
Lampiran 7 Biodata Penulis .....	76



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pendidikan anak usia dini (PAUD) memegang peran krusial dalam perkembangan kognitif, sosial, dan emosional anak. Salah satu aspek penting dalam perkembangan kognitif adalah kemampuan mengenal bentuk dan warna, yang menjadi dasar untuk pembelajaran lebih lanjut seperti matematika, seni, dan sains. Menurut Buku Capaian Pembelajaran Fase Fondasi Tahun 2024 yang diterbitkan oleh Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, pengenalan bentuk dan warna merupakan bagian dari kompetensi dasar yang harus dicapai anak pada fase fondasi (usia 0–6 tahun) untuk membangun pemahaman awal tentang konsep ruang, ukuran, dan identifikasi visual (BSKAP Kemendikbudristek, 2024). Namun, banyak pendidik dan orang tua masih menghadapi tantangan dalam mengembangkan kemampuan ini secara efektif.

Metode Montessori, yang menekankan kemandirian, aktivitas yang muncul dari diri anak, dan adaptasi lingkungan belajar sesuai tahap perkembangan (Fajar Hidayat.HS et al., 2025), telah terbukti efektif dalam mendukung perkembangan anak. Berdasarkan penelitian (Fajar Hidayat.HS et al., 2025), metode ini berfokus pada periode sensitif anak, di mana mereka lebih mudah menyerap keterampilan tertentu melalui pengalaman langsung dan interaksi dengan lingkungan yang dirancang khusus. Contoh konkret pembelajaran Montessori adalah penggunaan alat permainan sensorik, seperti balok geometri atau kartu warna, yang memungkinkan anak mengeksplorasi konsep bentuk dan warna secara mandiri sambil melatih motorik halus. Prinsip utama metode ini, seperti menghormati ritme belajar unik anak dan mendorong otonomitas, menciptakan dasar bagi pembelajaran yang bermakna dan berpusat pada peserta didik.

Namun, implementasi metode Montessori sering terkendala oleh kurangnya media pembelajaran yang menarik dan interaktif. Flashcard, sebagai salah satu media pembelajaran Montessori, efektif dalam membantu anak mengenal bentuk

dan warna, tetapi memiliki keterbatasan seperti kurangnya interaktivitas dan ketergantungan pada pendidik.

Pengenalan warna sangat penting karena tidak hanya membantu anak mengidentifikasi objek di sekitarnya, tetapi juga merangsang perkembangan otak dan kreativitas. Menurut (Hidayati et al., 2020), pengenalan warna sejak dini dapat meningkatkan kemampuan visual dan ekspresi diri anak. Namun, media pembelajaran konvensional seringkali kurang menarik dan tidak mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan individual anak.

Dalam era teknologi, Artificial Intelligence (AI) menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Dengan memanfaatkan ESP32-CAM, yang mampu menangkap dan memproses gambar secara real-time, sistem pembelajaran Montessori dapat diintegrasikan dengan AI untuk menciptakan media pembelajaran yang lebih interaktif dan personal. Penelitian oleh (Nurhasanah et al., 2021), menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran interaktif dapat meningkatkan pemahaman anak secara signifikan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan “Alat Pembelajaran Bentuk dan Warna dengan Metode Montessori Berbasis Artificial Intelligence Menggunakan Flashcard dan ESP32-CAM”. Alat ini diharapkan dapat meningkatkan minat dan kemandirian anak dalam pembelajaran, sekaligus memanfaatkan teknologi AI untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif dan menarik, sesuai prinsip Montessori tentang lingkungan siap dan kebebasan bereksplorasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat pembelajaran Montessori berbasis AI untuk pengenalan bentuk dan warna menggunakan *flashcard* dan ESP32-CAM?
2. Bagaimana tingkat akurasi sistem dalam mengenali bentuk dan warna secara *real-time* pada berbagai kondisi pencahayaan?
3. Bagaimana cara menciptakan pengalaman belajar baru bagi anak dengan usia dini?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Alat ini hanya mengenali 3 bentuk dasar 2 dimensi yaitu: segitiga, persegi, dan lingkaran.
2. Alat ini hanya mengenali 4 warna dasar yaitu: merah, kuning, hijau, dan biru.
3. Lingkup uji coba alat ini dibatasi dengan menggunakan *flashcard* yang dibuat secara khusus.
4. Alat hanya dapat melakukan pembacaan 1 bentuk dan 1 warna dalam satu waktu.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Merancang dan mengimplementasikan alat pembelajaran berbasis metode Montessori yang memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dengan menggunakan *flashcard* dan ESP32-CAM untuk pengenalan bentuk dan warna.
2. Mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam mengenali bentuk (segitiga, persegi, lingkaran) dan warna (merah, kuning, hijau, biru) secara *real-time* pada berbagai kondisi pencahayaan (ruangan tertutup tanpa/tanpa pengkondisian cahaya dan ruangan terbuka).
3. Menciptakan dan menguji pengalaman belajar interaktif yang inovatif bagi anak usia dini dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip pembelajaran Montessori dan teknologi berbasis AI.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi Anak: Meningkatkan minat dan kemandirian dalam pembelajaran, khususnya dalam pengenalan bentuk dan warna.
2. Bagi Guru: Memberikan alternatif media pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif.

3. Bagi Peneliti: Memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran Montessori yang lebih modern dengan memanfaatkan teknologi AI.



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Metode *Montessori*

Berdasarkan penelitian (Fajar Hidayat.HS et al., 2025), implementasi metode Montessori dapat dilihat melalui aktivitas pembelajaran menggunakan balok geometri dan kartu warna dalam lingkungan yang dirancang khusus, di mana anak secara bebas mengeksplorasi bentuk (segitiga, lingkaran, persegi) dan warna (merah, biru, kuning) melalui kegiatan menyortir, mencocokkan, atau mengelompokkan sesuai minat mereka. Selama proses ini, anak melatih motorik halus dengan memasukkan balok ke lubang yang sesuai, mengembangkan logika dasar melalui trial and error, serta mengamati perbedaan visual dan tekstur, sementara guru bertindak sebagai fasilitator yang hanya menyediakan alat dan memastikan lingkungan belajar mendukung eksplorasi mandiri. Aktivitas ini mencerminkan prinsip Montessori tentang kebebasan bereksplorasi dan aktivitas yang muncul dari diri anak, di mana pembelajaran berbasis pengalaman langsung dan interaksi dengan alat sensorik mampu mengoptimalkan perkembangan kognitif, motorik, serta kemandirian sesuai tahap perkembangan individu.



Gambar 2.1 Ilustrasi pembelajaran montessori  
(Sumber: <https://keluargahamsa.com/belajar-tentang-metode-montessori-dari-montessori-haus-asia/>)

## 2.2 Flashcard

*Flashcard* adalah alat pembelajaran berbentuk kartu-kartu kecil yang berisi informasi visual atau teks di kedua sisinya, biasanya digunakan untuk membantu proses menghafal dan memahami materi secara efektif. Satu sisi *flashcard* berisi pertanyaan, kata kunci, atau gambar, sedangkan sisi lainnya berisi jawaban, definisi, atau penjelasan terkait. Menurut penelitian oleh (Sriwahyuni et al., 2022), *flashcard* merupakan media pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan daya ingat dan pemahaman siswa karena memanfaatkan prinsip pengulangan (repetition) dan aktivitas kognitif yang interaktif. *Flashcard* sering digunakan dalam berbagai konteks pembelajaran, termasuk pengenalan kosakata, konsep matematika, dan materi pendidikan lainnya.



Gambar 2.2 *Flashcard*

(Sumber: <https://montessorischool.id/flashcard/>)

## 2.3 Artificial Intelligence

*Artificial Intelligence* (AI) atau Kecerdasan Buatan adalah teknologi yang memungkinkan mesin untuk meniru kecerdasan manusia, seperti kemampuan belajar, berpikir, dan mengambil keputusan. Menurut (Riyadi et al., 2024), AI merupakan sistem yang dirancang untuk memproses informasi, menganalisis data, dan melakukan tugas-tugas tertentu yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Dalam konteks transformasi komunikasi interpersonal, AI berperan dalam memfasilitasi interaksi yang lebih efisien dan personal, meskipun juga menghadapi tantangan terkait etika dan privasi.



### 2.3.1 Machine Learning

*Machine Learning* (ML) adalah cabang dari *Artificial Intelligence* (AI) yang memungkinkan sistem untuk belajar dan membuat keputusan secara mandiri tanpa perlu diprogram secara berulang oleh manusia. Menurut (Wijoyo et al., 2024), ML memungkinkan komputer untuk menjadi lebih pintar dengan belajar dari pengalaman dan data yang dimilikinya. Proses pembelajaran ini melibatkan identifikasi pola dan pengambilan keputusan berdasarkan data yang telah dikumpulkan, dengan sedikit atau tanpa intervensi manusia. ML dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: Supervised Learning (pembelajaran terarah), Unsupervised Learning (pembelajaran tidak terarah), dan Reinforcement Learning (pembelajaran penguatan). Teknik ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan suara, pengenalan gambar, dan rekomendasi produk, serta telah menjadi bagian integral dari perkembangan teknologi modern.

### 2.3.2 FOMO

FOMO (Faster Objects, More Objects) adalah sebuah algoritma deteksi objek yang dirancang khusus untuk perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti mikrokontroler dan perangkat IoT. Berbeda dengan metode deteksi objek tradisional yang memerlukan komputasi intensif, FOMO mengoptimalkan penggunaan memori dan daya dengan tetap mempertahankan akurasi yang baik. Algoritma ini menggunakan pendekatan yang lebih ringan dengan memanfaatkan arsitektur jaringan saraf berbasis MobileNetV2 yang telah dimodifikasi untuk deteksi objek yang efisien.

Arsitektur MobileNetV2, yang menjadi dasar FOMO, dibangun menggunakan blok-blok residual terbalik (*inverted residual blocks*) yang terdiri dari dua varian utama:

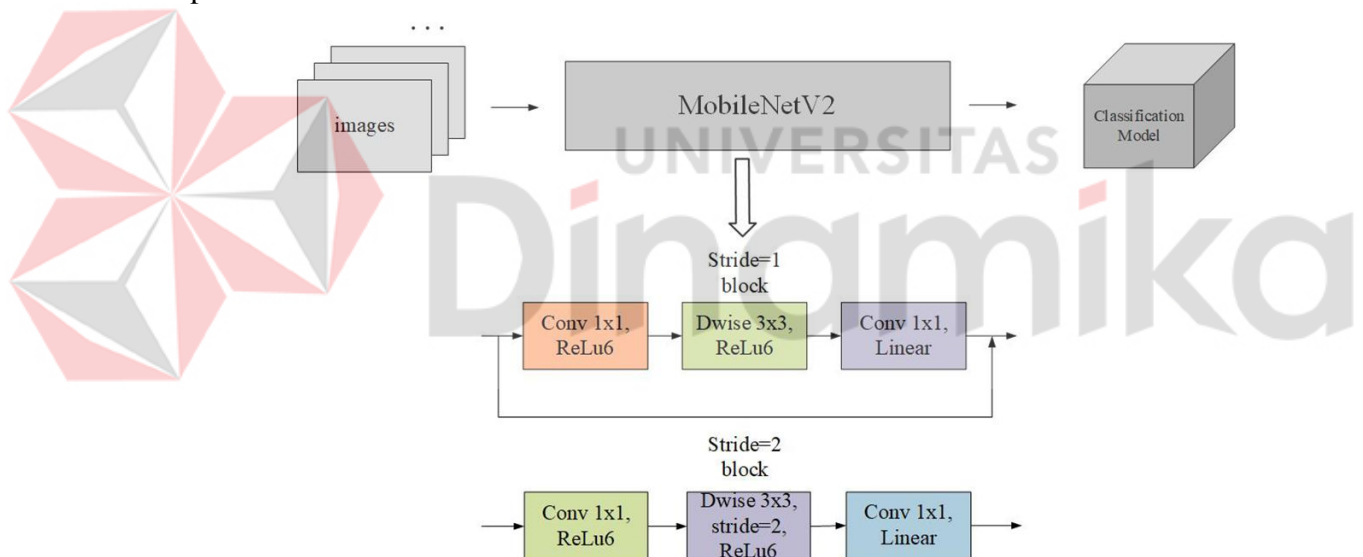
1. Blok dengan Stride = 1:
  - Conv 1x1 + ReLU6: Lapisan konvolusi 1x1 untuk ekspansi channel, diikuti aktivasi ReLU6.
  - Depthwise (Dwise) 3x3 + ReLU6: Konvolusi depthwise 3x3 untuk pemrosesan spasial yang efisien.

- Conv 1x1 + Linear: Lapisan konvolusi 1x1 untuk proyeksi channel tanpa aktivasi non-linear (*linear*), menjaga informasi penting.

2. Blok dengan Stride = 2:

- Struktur mirip blok Stride = 1, tetapi konvolusi depthwise 3x3 menggunakan stride = 2 untuk mengurangi resolusi spasial.

Blok-blok ini meminimalkan komputasi melalui *depthwise separable convolution* dan mempertahankan representasi fitur yang kaya dengan ekspansi dan proyeksi channel. Pada FOMO, arsitektur MobileNetV2 dimodifikasi dengan menghilangkan lapisan fully connected dan menggantinya dengan konvolusi 1x1 untuk menghasilkan *heatmap* deteksi objek berbasis piksel. Pendekatan ini mengurangi beban memori dan memungkinkan inferensi cepat di perangkat *embedded* seperti mikrokontroler. Arsitektur MobileNetV2 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Arsitektur MobileNetV2

(Sumber: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0282336>)

### 2.3.3 Edge Impulse

*Edge Impulse* adalah platform pengembangan machine learning (ML) yang dirancang untuk memudahkan pembuatan dan penerapan model machine learning pada perangkat *edge*, seperti mikrokontroler, sensor, dan perangkat *Internet of Things* (IoT). Platform ini memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan data, melatih model ML, dan menerapkannya langsung ke perangkat *edge* dengan

sumber daya terbatas. Edge Impulse menyederhanakan proses pengembangan ML dengan menyediakan antarmuka yang intuitif, alat-alat otomatis, dan integrasi yang luas dengan berbagai perangkat keras.



Gambar 2.4 Logo Edge Impulse  
(Sumber: <https://www.mistywest.com/edge-impulse-condensed-logo-2/>)

Fitur-Fitur Edge Impulse:

1. Pengumpulan Data (*Data Acquisition*)

*Edge Impulse* memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan data langsung dari sensor atau perangkat *edge*. Platform ini mendukung berbagai jenis data, seperti audio, gambar, video, dan data sensor lainnya. Pengguna dapat menggunakan alat yang disediakan untuk melabeli data secara manual atau otomatis, memastikan dataset yang digunakan untuk pelatihan model ML berkualitas tinggi.

2. Pemrosesan Sinyal (*Signal Processing*)

Sebelum data digunakan untuk melatih model ML, *Edge Impulse* menyediakan blok pemrosesan sinyal untuk mengekstrak fitur-fitur penting dari data mentah. Misalnya, pengguna dapat menerapkan teknik seperti *Fast Fourier Transform* (FFT) atau filter untuk memproses data audio atau sensor. Fitur ini membantu meningkatkan kualitas input yang digunakan untuk melatih model.

3. Pelatihan Model ML (*Machine Learning Model Training*)

*Edge Impulse* menyediakan antarmuka yang mudah digunakan untuk membangun dan melatih model ML. Pengguna dapat memilih dari berbagai jenis model, seperti klasifikasi, regresi, atau deteksi objek (termasuk algoritma FOMO untuk deteksi objek pada perangkat terbatas). Platform ini juga mendukung penggunaan model pra-latih atau pelatihan model dari awal, memberikan fleksibilitas bagi pengguna.

#### 4. Optimasi untuk Perangkat *Edge*

Salah satu keunggulan *Edge Impulse* adalah kemampuannya mengoptimalkan model ML untuk dijalankan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti mikrokontroler. Platform ini menyediakan alat untuk mengukur kinerja model pada perangkat target, memastikan model dapat berjalan dengan efisien tanpa memakan terlalu banyak memori atau daya.

#### 5. Penerapan Model (*Deployment*)

Setelah model ML selesai dilatih, *Edge Impulse* memungkinkan pengguna untuk mengeksport model ke berbagai format, seperti *TensorFlow Lite*, *ONNX*, atau kode C++. Platform ini juga mendukung integrasi langsung dengan perangkat keras populer, seperti Arduino, Raspberry Pi, dan ESP32, memudahkan penerapan model ke perangkat *edge*.

#### 6. Pemantauan dan Pembaruan (*Monitoring and Management*)

*Edge Impulse* menyediakan alat untuk memantau kinerja model di perangkat *edge* secara real-time. Pengguna dapat melihat bagaimana model berperforma dalam kondisi nyata dan melakukan pembaruan model secara *over-the-air* (OTA) jika diperlukan. Fitur ini memastikan model tetap akurat dan relevan seiring waktu.

#### 7. Kolaborasi dan Manajemen Proyek

*Edge Impulse* memungkinkan kolaborasi tim dalam pengembangan proyek ML. Pengguna dapat berbagi proyek dengan anggota tim, melacak perubahan pada model dan dataset, serta mengelola versi proyek dengan mudah. Fitur ini sangat berguna untuk tim yang bekerja secara bersama-sama dalam pengembangan solusi ML.

#### 8. Dukungan untuk Deteksi Objek Ringan (FOMO)

*Edge Impulse* menawarkan algoritma FOMO (*Faster Objects, More Objects*), yang dirancang khusus untuk deteksi objek pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Algoritma ini memungkinkan deteksi objek yang cepat dan efisien, cocok untuk aplikasi real-time pada perangkat IoT dan mikrokontroler.

## 2.4 ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah modul kamera yang dikembangkan berdasarkan mikrokontroler ESP32, sebuah chip yang terkenal karena kemampuannya dalam menghadirkan konektivitas nirkabel dan pemrosesan yang efisien. Modul ini dirancang khusus untuk aplikasi yang memerlukan pengambilan gambar atau video serta pengiriman data secara nirkabel, menjadikannya solusi ideal untuk proyek-proyek *Internet of Things* (IoT) dan visi komputer. ESP32-CAM dilengkapi dengan kamera OV2640 yang mampu menangkap gambar dengan resolusi hingga 2 megapiksel (1600x1200 piksel), serta mendukung format gambar JPEG, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan kualitas gambar yang baik.



Gambar 2.5 ESP32-CAM  
(Sumber: <https://id.hwlibre.com/kamera-esp32/>)

Selain kamera, ESP32-CAM juga memiliki fitur-fitur unggulan lainnya. Modul ini didukung oleh mikrokontroler ESP32 yang memiliki dual-core processor, memungkinkan pemrosesan data yang cepat dan efisien. Dengan dukungan Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2, ESP32-CAM dapat terhubung ke jaringan nirkabel dengan mudah, memungkinkan pengiriman data gambar atau video secara real-time. Modul ini juga dilengkapi dengan memori flash internal untuk penyimpanan program dan data, serta slot kartu microSD yang memungkinkan penyimpanan eksternal untuk gambar atau video yang diambil.

ESP32-CAM juga menawarkan berbagai antarmuka konektivitas, seperti GPIO, UART, I2C, dan SPI, yang memungkinkan integrasi dengan sensor atau perangkat eksternal lainnya. Fitur-fitur tambahan seperti pengenalan wajah dan deteksi gerakan membuat modul ini sangat cocok untuk aplikasi keamanan, pemantauan jarak jauh, atau proyek kecerdasan buatan berbasis visi komputer. Dengan kombinasi kemampuan pemrosesan, konektivitas nirkabel, dan fitur

kamera yang canggih, ESP32-CAM menjadi pilihan populer bagi pengembang yang ingin menciptakan solusi IoT yang inovatif dan efisien.

## 2.5 Arduino IDE

Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) adalah lingkungan pengembangan terpadu yang dirancang untuk memprogram mikrokontroler Arduino. Arduino IDE memungkinkan pengguna menulis, mengedit, dan mengunggah kode ke papan Arduino, menggunakan bahasa pemrograman C atau C++. Perangkat lunak ini menyediakan antarmuka yang sederhana dan intuitif, sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan proyek elektronik berbasis Arduino.



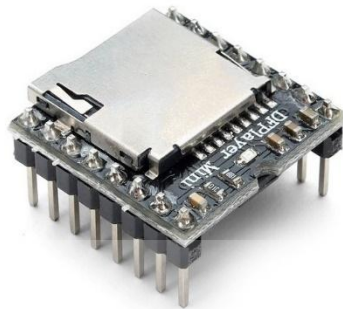
Arduino IDE tersedia untuk berbagai platform, termasuk Windows, macOS, dan Linux, serta didistribusikan secara gratis. Fitur-fitur utama yang disediakan meliputi editor kode, kompilator, dan uploader untuk mengunggah program ke papan Arduino. Selain itu, IDE ini juga menyediakan berbagai *library* yang memudahkan pengguna dalam mengakses fungsi-fungsi perangkat keras Arduino.

Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat dengan mudah mengembangkan dan mengimplementasikan berbagai proyek elektronik, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks, berkat kemudahan penggunaan dan dukungan komunitas yang luas.

## 2.6 DFPlayer Mini

DFPlayer Mini adalah modul pemutar audio berukuran kecil yang dirancang untuk memainkan file audio dalam format seperti MP3 dan WAV. Modul ini

dilengkapi dengan chip MP3 internal dan mendukung berbagai sumber penyimpanan, seperti kartu microSD, *flash drive* USB, atau input serial UART. DFPlayer Mini dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk mengontrol pemutaran audio melalui komunikasi protokol UART, sehingga memungkinkan pengguna untuk memainkan, menjeda, atau mengatur volume suara secara terprogram. Modul ini sering digunakan dalam aplikasi elektronik seperti mainan edukatif, perangkat IoT, sistem informasi suara, dan proyek-proyek DIY (*Do-It-Yourself*) lainnya karena kemudahan penggunaan dan fleksibilitasnya.



Gambar 2.7 DFPlayer Mini

(Sumber: <https://www.electronics-lab.com/project/mp3-player-using-arduino-dfplayer-mini/>)

## 2.7 MT3608 Buck Converter

MT3608 *Buck Converter* adalah modul pengatur tegangan jenis step-up (peningkat tegangan) yang dirancang untuk menghasilkan tegangan output lebih tinggi dari tegangan input. Modul ini menggunakan chip MT3608, sebuah IC konverter DC-DC dengan efisiensi tinggi, untuk mengubah tegangan masukan rendah menjadi tegangan keluaran yang lebih tinggi secara stabil. MT3608 mendukung rentang tegangan input antara 2V hingga 24V dan mampu menghasilkan tegangan output yang dapat diatur hingga maksimum 28V, dengan arus keluaran maksimum sekitar 2A tergantung pada kondisi sistem.

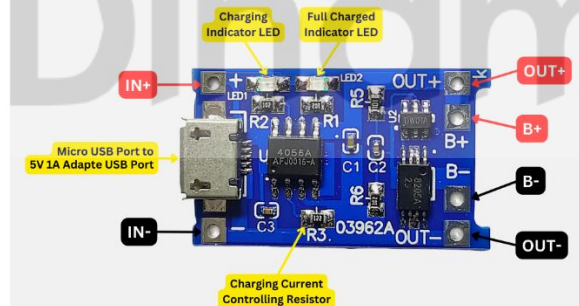


Gambar 2.8 MT3608 *buck converter*

(Sumber: <https://www.instructables.com/DC-DC-Boost-Converter-MT3608/>)

## 2.8 TP4056 Charging Module

TP4056 *Charging Module* adalah modul pengisian daya baterai lithium-ion atau lithium-polymer yang dirancang khusus untuk mengelola proses pengisian dengan aman dan efisien. Modul ini menggunakan chip TP4056, sebuah IC pengisi daya berbasis konstanta arus/tegangan (CC/CV), yang mampu mengisi baterai dengan arus maksimum 1A . Modul ini mendukung tegangan input antara 4.5V hingga 8V , biasanya dari sumber seperti USB atau adaptor, dan menghasilkan tegangan output pengisian sebesar 4.2V , yang merupakan standar untuk baterai lithium-ion/polymer.

Gambar 2.9 TP4056 *charging module*

(Sumber: <https://www.electrothink.com/2024/02/tp4056-lithium-cell-charger-module.html>)

TP4056 dilengkapi dengan fitur perlindungan seperti penghentian otomatis saat baterai penuh, perlindungan terhadap arus balik, serta indikator LED untuk menampilkan status pengisian (misalnya, merah untuk pengisian dan biru untuk pengisian penuh). Modul ini sering digunakan dalam proyek elektronik, perangkat portabel, sistem IoT, dan aplikasi DIY lainnya yang memerlukan pengisian baterai lithium-ion secara praktis dan aman.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Studi Literatur**

Proses penelitian diawali dengan Studi Literatur, yaitu pencarian dan analisis mendalam terhadap berbagai sumber referensi yang relevan dengan topik penelitian. Sumber-sumber seperti jurnal, buku, artikel, dan penelitian sebelumnya yang membahas pembelajaran bentuk dan warna, metode Montessori, serta teknologi seperti Artificial Intelligence (AI), flashcard, dan ESP32-CAM dikaji secara mendalam. Tujuannya adalah untuk memahami konsep-konsep dasar, mengidentifikasi gap atau celah dalam penelitian yang sudah ada, dan membangun landasan teori yang kuat. Dari sini, arah penelitian dapat ditentukan, dan kebutuhan sistem yang akan dirancang dapat dirumuskan.

#### **3.2 Perancangan Sistem**

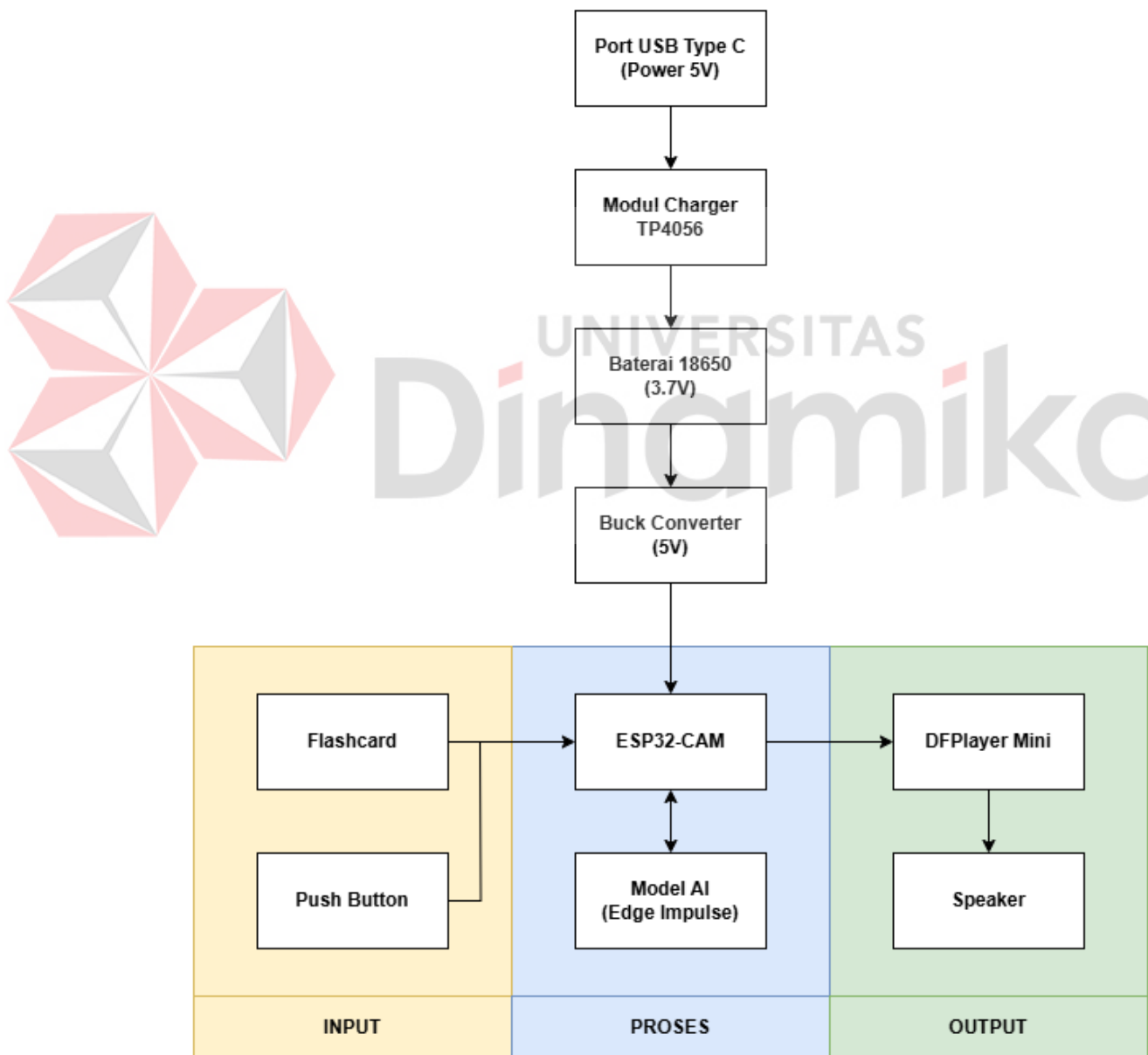
Pada tahap ini, kebutuhan sistem didefinisikan berdasarkan temuan studi literatur. Diagram alir (flowchart) dan diagram blok dibuat untuk menggambarkan cara kerja sistem secara keseluruhan. Model AI yang digunakan adalah FOMO (Faster Objects, More Objects) dari Edge Impulse, sebuah arsitektur machine learning yang dioptimalkan untuk perangkat edge dengan komputasi terbatas. Model ini dipilih karena efisiensinya dalam deteksi objek real-time dan kemampuannya mengenali pola bentuk serta warna pada resolusi rendah, sesuai dengan kebutuhan sistem untuk mengidentifikasi flashcard bergambar segitiga, persegi, lingkaran, dengan warna biru, merah, kuning, dan hijau.

Dataset dikumpulkan dengan memastikan variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan ukuran objek untuk meningkatkan generalisasi model. Total dataset yang digunakan sebanyak 608 gambar, mencakup semua kombinasi bentuk, warna, dan belakang (12 kelas unik). Dataset tersebut dibagi dengan rasio 80:20 untuk pelatihan dan pengujian. Sedangkan 20 persen dari dataset pelatihan digunakan untuk validasi. Augmentasi data seperti rotasi, perubahan kecerahan, dan scaling diterapkan untuk memperkaya variasi dataset pelatihan. Antarmuka

pengguna dirancang interaktif dengan tombol dan *feedback* suara. Tahap ini menjadi fondasi pengembangan alat, memastikan komponen hardware, model AI, dan interaksi pengguna terintegrasi secara optimal sebelum implementasi lebih lanjut.

### 3.2.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem dari alat pembelajaran bentuk dan warna berbasis metode Montessori dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

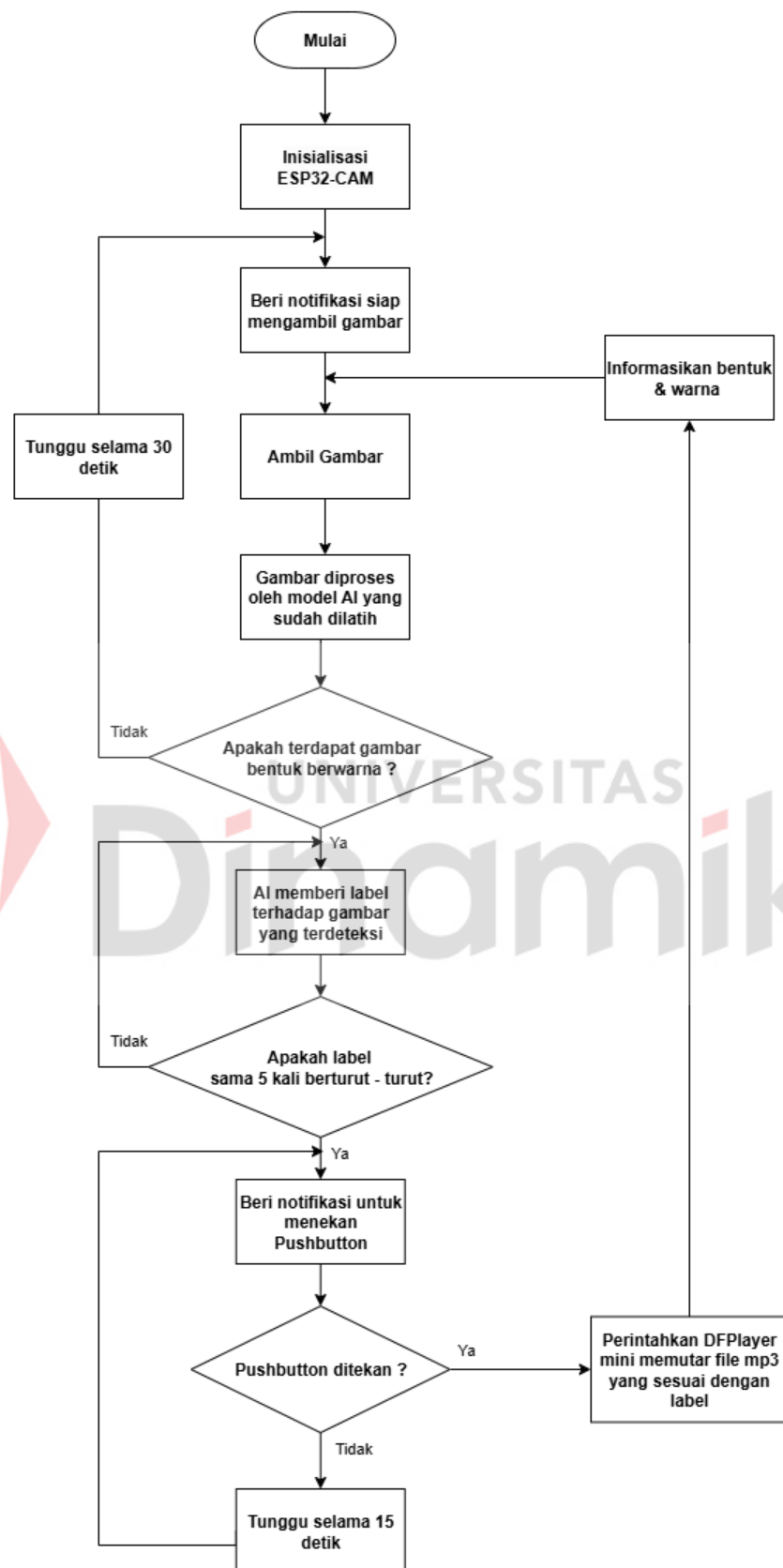
Pada Gambar 3.1, Baterai 18650 dengan tegangan 3,7V berfungsi sebagai sumber daya utama. Baterai ini diisi melalui Port USB Type-C yang dipilih untuk mempermudah pengguna, menggantikan port mini USB bawaan modul charger TP4056. Alasan pemilihan USB Type-C adalah karena port ini lebih umum digunakan pada perangkat modern (seperti smartphone dan laptop), memiliki desain *reversible* (bisa dipasang bolak-balik), serta mengurangi ketergantungan pada kabel mini USB yang sudah jarang ditemui. Port USB Type-C menerima daya 5V dari adaptor eksternal, kemudian daya tersebut dialirkan ke modul TP4056 untuk mengisi baterai secara aman dan terkontrol.

Baterai 18650 yang sudah terisi menghasilkan tegangan sebesar 3,7V dihubungkan ke *Buck Converter* untuk meningkatkan tegangan menjadi 5V. Tegangan ini digunakan untuk menyuplai daya ke ESP32-CAM. Pada bagian input, *flashcard* digunakan sebagai media pembelajaran yang berisi gambar bentuk berwarna. Flashcard ini akan dipindai oleh ESP32-CAM untuk mengambil gambar. Selain itu, Push Button berfungsi sebagai tombol kontrol untuk memulai proses interaksi pengguna dengan sistem.

Pada bagian proses, gambar yang diambil oleh ESP32-CAM akan dikirim ke Model AI yang telah dilatih menggunakan platform Edge Impulse. Model AI ini bertugas untuk mengenali bentuk dan warna yang terdapat pada flashcard. Hasil identifikasi dari model AI akan diproses lebih lanjut untuk menentukan respons yang sesuai. Pada bagian output, hasil identifikasi bentuk dan warna akan dikeluarkan melalui Speaker yang terhubung ke DFPlayer Mini. Speaker akan memberikan feedback suara dengan menyebutkan nama bentuk dan warna yang terdeteksi.

### 3.2.2 Diagram Alir Sistem

Diagram alir (*flowchart*) dari alat pembelajaran bentuk dan warna berbasis metode Montessori dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir sistem

Sistem diawali dengan inisialisasi ESP32-CAM sebagai komponen utama. Setelah perangkat siap, speaker akan mengeluarkan suara "Aku siap! Silahkan masukkan flashcard" sebagai tanda bahwa sistem siap digunakan. Sistem kemudian langsung memulai proses pengambilan gambar. Ketika pengguna menempatkan *flashcard* berisi bentuk geometri (lingkaran, kotak, atau segitiga) berwarna (merah, hijau, kuning, atau biru), ESP32-CAM akan secara otomatis mengambil gambarnya. Gambar tersebut kemudian diproses oleh model AI berbasis FOMO dari Edge Impulse yang sudah dilatih sebelumnya.

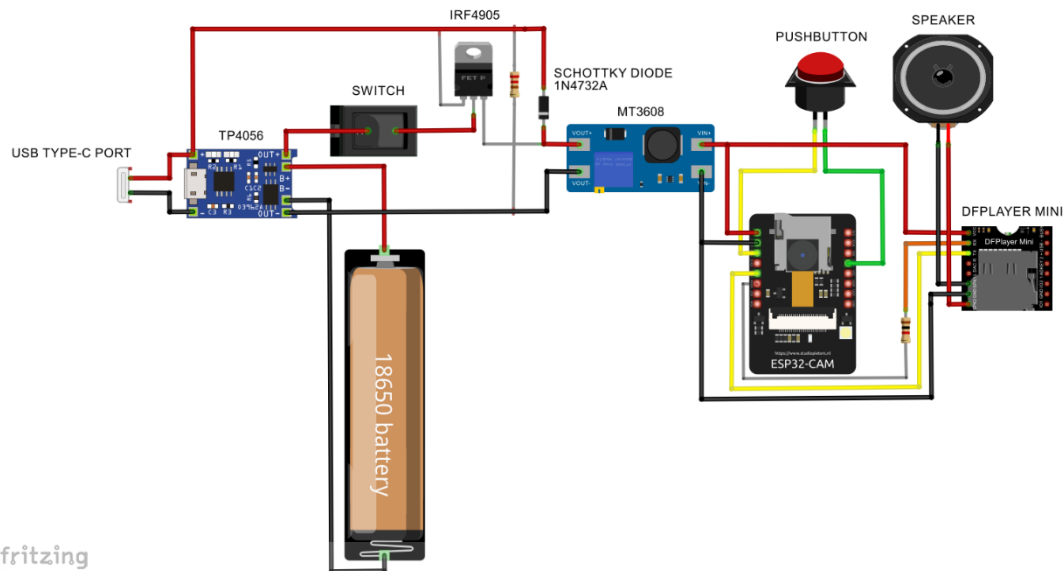
Jika model AI tidak mendeteksi gambar bentuk berwarna yang valid, sistem akan menunggu selama 30 detik sebelum speaker mengeluarkan kembali pesan bahwa sistem siap. Proses pengambilan gambar kemudian diulang. Jika gambar berhasil dikenali, AI akan memberikan label pada objek yang terdeteksi. Sistem kemudian memverifikasi apakah label yang dihasilkan konsisten dengan 5 deteksi berturut-turut. Jika tidak konsisten, proses akan mengulang dari tahap pengambilan gambar.

Jika label sama selama 5 kali berturut-turut, speaker akan mengeluarkan perintah suara "Silakan menekan tombol". Sistem kemudian menunggu input dari pushbutton. Jika tombol tidak ditekan dalam waktu 15 detik, speaker akan mengingatkan pengguna kembali. Jika tombol ditekan, DFPlayer Mini akan memutar file MP3 yang sesuai dengan label terdeteksi. Setelah bentuk dan warna diinformasikan melalui speaker, sistem akan kembali ke tahap pengambilan gambar untuk memulai siklus identifikasi berikutnya. Seluruh notifikasi dan informasi disampaikan melalui output suara dari speaker, tanpa menggunakan tampilan visual. Sistem ini dirancang untuk memberikan pengalaman interaktif yang intuitif dalam pembelajaran bentuk dan warna untuk anak-anak.

### 3.3 Perancangan Alat

Pada tahap ini, fokus utama adalah merancang alat secara fisik. Desain fisik alat mencakup pembuatan kerangka alat dan penempatan komponen elektronik, dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dan fungsionalitas. Skematik alat dirancang menggunakan perangkat lunak desain untuk menjelaskan bagaimana

komponen-komponen elektronik terhubung satu sama lain. Skematik pada Gambar 3.3 digunakan panduan untuk merakit komponen-komponen tersebut secara tepat.



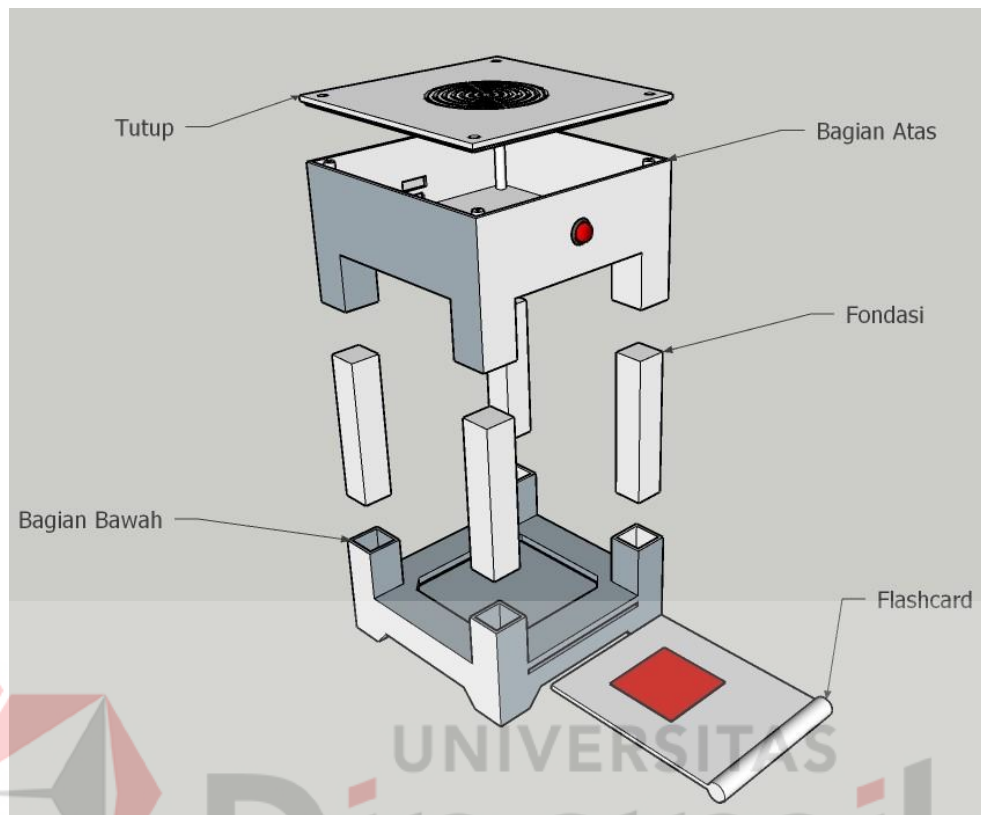
Gambar 3.3 Skematik alat

Skematik menunjukkan rangkaian daya yang terdiri dari baterai Li-ion 18650 3,7V sebagai sumber utama, dengan modul pengisi daya TP4056 yang terhubung ke port USB Type-C untuk pengisian. Tegangan baterai dinaikkan menjadi 5V menggunakan modul MT3608 agar sesuai dengan kebutuhan ESP32-CAM dan DFPlayer Mini. Rangkaian ini menggunakan MOSFET IRF4905 dan dioda Schottky 1N4728A untuk memungkinkan alat tetap menyala saat diisi daya, didukung resistor 100k $\Omega$  sebagai pengatur tegangan gate MOSFET. ESP32-CAM berfungsi sebagai pengolah gambar utama yang mengendalikan DFPlayer Mini berdasarkan hasil deteksi bentuk/warna, sementara push button berperan sebagai antarmuka pengguna. Desain ini menjamin pasokan daya stabil baik saat menggunakan baterai maupun saat pengisian, dengan perlindungan terhadap overcharge dan efisiensi konversi daya yang tinggi.

Selain itu, desain kerangka alat dibuat dalam bentuk gambar tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak desain 3D. Gambar 3D ini mencakup bentuk casing, penempatan komponen, serta ukuran dan dimensi yang sesuai dengan kebutuhan alat. Desain 3D tersebut kemudian direalisasikan menggunakan



teknologi cetak 3D dengan bahan ABS yang dipilih karena kekuatan dan ketahanannya. Desain kerangka alat dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain kerangka alat

### 3.4 Analisis Data

Tahap Analisis Data dilakukan setelah data dari pengujian akurasi alat dalam mengenali bentuk dan warna dikumpulkan. Data yang diperoleh, seperti tingkat akurasi model AI dalam mengidentifikasi bentuk dan warna dari flashcard, diolah dan dianalisis. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana alat mampu bekerja sesuai dengan harapan dan tujuan penelitian. Hasil analisis data kemudian dibandingkan dengan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya, seperti target akurasi yang diinginkan. Dari sini, dapat diidentifikasi kelebihan dan kelemahan alat, serta dilakukan evaluasi terhadap performa model AI.

### 3.5 Evaluasi dan Validasi

Tahap terakhir adalah Evaluasi dan Validasi, di mana keseluruhan penelitian dinilai. Alat yang dibuat dievaluasi untuk memastikan bahwa tujuan penelitian,

yaitu membantu pembelajaran bentuk dan warna dengan metode Montessori berbasis AI, telah tercapai. Hasil penelitian divalidasi dengan membandingkannya dengan studi literatur dan penelitian sebelumnya. Efektivitas alat disimpulkan, dan sarani untuk pengembangan lebih lanjut atau perbaikan diberikan. Seluruh proses dan hasil penelitian kemudian disusun dalam laporan penelitian yang komprehensif. Tahap ini menutup rangkaian penelitian dengan memberikan penilaian akhir dan saran untuk masa depan.



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Validasi Proses *Training Data*

Validasi dilakukan untuk menilai kinerja model FOMO (*Faster Objects, More Objects*) yang telah melalui tahap *training*. Pada setiap epoch, model dievaluasi secara menyeluruh guna mengukur tingkat pemahamannya terhadap data masukan. Metrik evaluasi digunakan untuk memastikan bahwa model dapat mengenali dan mengklasifikasikan objek dengan akurasi yang memadai, sekaligus mengidentifikasi potensi *overfitting* atau *underfitting* selama proses pembelajaran. Dengan pendekatan ini, performa model FOMO dapat dioptimalkan sebelum diimplementasikan kedalam sistem.

##### 4.1.1 Prosedur Validasi *Training Data*

Berikut merupakan prosedur dari validasi training data:

1. Login pada akun Edge Impulse.
2. Membuat project baru.
3. Menentukan *device* yang akan digunakan.
4. Mengupload dataset yang sudah disiapkan dan memberi label untuk tiap dataset.
5. Membuat *Impulse* dengan menentukan dimensi dataset, *processing block*, dan *learning block*.
6. Menyimpan parameter dan melakukan *Generate Feature*.
7. Memulai training menggunakan model FOMO dengan learning rate sebesar 0,005. Dengan jumlah epoch sebanyak 30 epoch, 35 epoch, 40 epoch, 45 epoch dan 50 epoch untuk mengevaluasi kinerja model.

##### 4.1.2 Hasil Validasi Model FOMO

Setelah proses *training* selesai, model akan dievaluasi dan diukur performanya. Metrik yang digunakan dalam evaluasi yaitu Epoch, Precision, Recall dan F1 Score. Hasil validasi model dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil validasi model FOMO

Epoch	Precision	Recall	F1 Score
30	0.98	0.96	0.97
35	1.0	1.0	1.0
40	0.96	1.0	0.98
45	0.99	1.0	0.99
50	0.98	1.0	0.99

Berdasarkan hasil validasi model FOMO pada Tabel 4.1, dapat disimpulkan bahwa model mencapai performa optimal pada epoch 35 dengan nilai sempurna untuk semua metrik evaluasi (precision: 1.0, recall: 1.0, dan F1-Score: 1.0). Hasil ini menunjukkan bahwa model telah mencapai konvergensi sempurna dalam mengenali pola pada data training. Dengan pertimbangan efisiensi komputasi dan pencapaian akurasi maksimal, epoch 35 dipilih sebagai konfigurasi akhir untuk proses training. Pemilihan ini didasarkan pada fakta bahwa penambahan epoch lebih lanjut (40-50) tidak memberikan peningkatan signifikan terhadap performa model, sehingga epoch 35 menjadi titik optimal yang mampu menyeimbangkan antara akurasi dan sumber daya komputasi yang dibutuhkan.

#### 4.2 Pengujian Pengenalan Bentuk dan Warna

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model FOMO dalam mengenali bentuk geometri dan warna pada flashcard. Fokus pengujian meliputi kebenaran hasil pengenalan. Flashcard yang digunakan mencakup seluruh kombinasi antara tiga bentuk dasar (lingkaran, persegi, segitiga) dan empat warna primer (merah, hijau, kuning, biru).

Proses pengujian menggunakan ESP32-CAM sebagai komponen utama dengan suplai daya dari baterai 18650 3.7V yang dinaikkan tegangannya menjadi 5V melalui modul MT3608 *Buck Converter*. Sistem pendukung meliputi DFPlayer Mini yang diintegrasikan dengan speaker untuk output suara dan push button sebagai antarmuka interaksi. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi lingkungan berbeda: ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan, ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan, dan ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan.

#### 4.2.1 Metode Pengenalan Bentuk dan Warna

Pengujian pengenalan bentuk dan warna dilakukan dengan tiga metode, yaitu:

##### A. Ruang Tertutup Tanpa Pengkondisian Pencahayaan

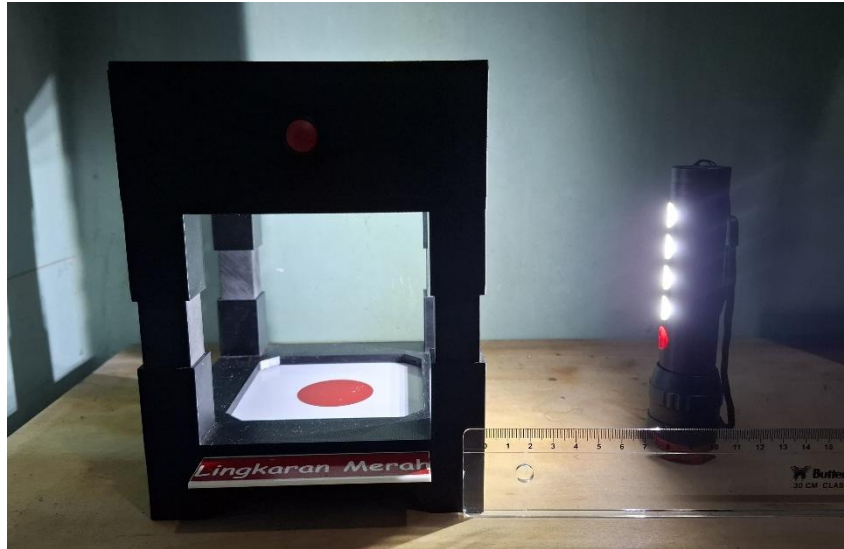
Pengujian dilakukan di dalam ruangan berukuran  $3 \times 3$  meter, dengan jendela tertutup sehingga pencahayaan hanya berasal dari lampu ruangan. Proses pengujian dimulai dengan memasukkan flashcard ke dalam alat, lalu menunggu konfirmasi untuk menekan tombol. Setelah tombol ditekan, alat akan mengeluarkan hasil pengenalan melalui speaker. Metode pengujian pada ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengujian pada ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan

##### B. Ruang Tertutup Dengan Pengkondisian Pencahayaan

Pengujian dilakukan di dalam ruangan berukuran  $3 \times 3$  meter, dengan jendela tertutup dengan pencahayaan berasal dari lampu ruangan dan senter yang diletakkan 10cm dari alat. Proses pengujian dimulai dengan memasukkan flashcard ke dalam alat, lalu menunggu konfirmasi untuk menekan tombol. Setelah tombol ditekan, alat akan mengeluarkan hasil pengenalan melalui speaker. Metode pengujian pada ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian pada ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan

### C. Ruang Terbuka Tanpa Pengkondisian Pencahayaan

Pengujian dilakukan di dalam ruangan berukuran  $3 \times 3$  meter, dengan jendela terbuka dengan pencahayaan berasal dari lampu ruangan dan jendela. Proses pengujian dimulai dengan memasukkan flashcard ke dalam alat, lalu menunggu konfirmasi untuk menekan tombol. Setelah tombol ditekan, alat akan mengeluarkan hasil pengenalan melalui speaker. Metode pengujian pada ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengujian pada ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan

#### 4.2.2 Prosedur Pengujian

Berikut merupakan langkah-langkah dalam menguji model untuk pengenalan bentuk dan warna:

1. Menghitung waktu konfirmasi menggunakan stopwatch.
2. Mencatat hasil pengenalan bentuk dan warna.
3. Menghitung nilai akurasi dari hasil pengenalan bentuk dan warna.

#### 4.2.3 Hasil Pengujian Pengenalan Bentuk dan Warna

Hasil pengujian diperoleh dari ESP32-CAM yang terintegrasi dengan model AI FOMO, DFPlayer Mini, dan speaker untuk mengenali gambar pada flashcard. Suara yang dihasilkan oleh alat menjadi parameter untuk menentukan kebenaran pengenalan bentuk dan warna pada flashcard. Agar hasil pengujian konsisten, waktu konfirmasi pengenalan dibatasi selama 15 detik. Jika dalam waktu tersebut alat belum memberikan konfirmasi, maka pengenalan dianggap gagal.

Penghitungan waktu pengenalan dimulai saat *flashcard* telah dimasukkan ke dalam alat, dengan menggunakan stopwatch. Selain itu, pengujian ini juga mengukur akurasi pengenalan bentuk dan warna. Akurasi dihitung menggunakan rumus 4.1

$$Akurasi = \left( \frac{\text{Jumlah Pengenalan Benar}}{\text{Jumlah Iterasi}} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

Jumlah pengenalan benar dihitung ketika model berhasil mengenali bentuk dan warna yang sesuai dengan gambar pada *flashcard*, sedangkan jumlah iterasi adalah total percobaan pengenalan yang dilakukan selama pengujian. Model AI yang digunakan dalam pengujian ini adalah FOMO, yang telah dilatih dengan epoch sebanyak 35 epoch dengan learning rate sebesar 0,005.

##### A. Hasil Pengujian Pada Ruangan Tertutup Tanpa Pengkondisian Pencahayaan

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung akurasi alat dalam mengenali bentuk dan warna pada *flashcard* di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan. Hasil pengujian di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan dapat dilihat pada Tabel 4.2 hingga Tabel 4.13.









Pada Tabel 4.14 menunjukkan hasil pengujian 30 data dari pengenalan lingkaran merah di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan. Perhitungan akurasi dilakukan menggunakan rumus 4.1 sebagai berikut:

$$Akurasi = \left( \frac{30}{30} \right) \times 100 = 100\%$$

Pengujian ini menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 100% dengan 30 pengenalan benar dan tidak ada pengenalan salah. Untuk Tabel 4.15 hingga Tabel 4.25 dapat dilihat pada Lampiran 3.

### C. Hasil Pengujian Pada Ruangan Terbuka Tanpa Pengkondisian Pencahayaan

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung akurasi alat dalam mengenali bentuk dan warna pada *flashcard* di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan. Hasil pengujian di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan dapat dilihat pada Tabel 4.26 hingga Tabel 4.37.

Tabel 4.4 Hasil pengenalan lingkaran merah di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan

[illegible]

Bentuk dan Warna	Pengenalan Benar	Pengenalan Salah
	✓	-
	✓	-
	✓	-
	✓	-
	✓	-
	✓	-
	✓	-
	✓	-

Pada Tabel 4.26 menunjukkan hasil pengujian 30 data dari pengenalan lingkaran merah di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan. Perhitungan akurasi dilakukan menggunakan rumus 4.1 sebagai berikut:

$$Akurasi = \left(\frac{29}{30}\right) \times 100 = 97\%$$

Pengujian ini menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 97% dengan 29 pengenalan benar dan 1 pengenalan salah. Untuk Tabel 4.26 hingga Tabel 4.37 dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.2.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Bentuk dan Warna

Berdasarkan serangkaian pengujian menggunakan tiga metode yang berbeda, berikut disajikan rekapitulasi menyeluruh mengenai performa alat dalam mengenali berbagai kombinasi bentuk dan warna. Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kehandalan sistem secara keseluruhan.

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan tertutup tanpa pengkondisian pencahayaan

Bentuk Dan Warna	Jumlah Pengenalan Benar	Jumlah Pengenalan Salah	Akurasi
Lingkaran Merah	28	1	93%
Lingkaran Biru	30	0	100%
Lingkaran Hijau	30	0	100%
Lingkaran Kuning	30	0	100%
Persegi Merah	29	1	97%
Persegi Biru	30	0	100%
Persegi Hijau	30	0	100%
Persegi Kuning	0	30	0%
Segitiga Merah	30	0	100%
Segitiga Biru	30	0	100%

<b>Bentuk Dan Warna</b>	<b>Jumlah Pengenalan Benar</b>	<b>Jumlah Pengenalan Salah</b>	<b>Akurasi</b>
Segitiga Hijau	30	0	100%
Segitiga Kuning	30	0	100%

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan tertutup dengan pengkondisian pencahayaan

<b>Bentuk Dan Warna</b>	<b>Jumlah Pengenalan Benar</b>	<b>Jumlah Pengenalan Salah</b>	<b>Akurasi</b>
Lingkaran Merah	30	0	100%
Lingkaran Biru	30	0	100%
Lingkaran Hijau	30	0	100%
Lingkaran Kuning	30	0	100%
Persegi Merah	30	0	100%
Persegi Biru	30	0	100%
Persegi Hijau	30	0	100%
Persegi Kuning	27	3	90%
Segitiga Merah	30	0	100%
Segitiga Biru	30	0	100%
Segitiga Hijau	30	0	100%
Segitiga Kuning	30	0	100%

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil pengenalan bentuk dan warna di ruangan terbuka tanpa pengkondisian pencahayaan

<b>Bentuk Dan Warna</b>	<b>Jumlah Pengenalan Benar</b>	<b>Jumlah Pengenalan Salah</b>	<b>Akurasi</b>
Lingkaran Merah	29	1	97%
Lingkaran Biru	30	0	100%
Lingkaran Hijau	30	0	100%
Lingkaran Kuning	30	0	100%
Persegi Merah	30	0	100%
Persegi Biru	30	0	100%
Persegi Hijau	30	0	100%
Persegi Kuning	23	7	77%
Segitiga Merah	30	0	100%
Segitiga Biru	30	0	100%
Segitiga Hijau	30	0	100%
Segitiga Kuning	30	0	100%

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

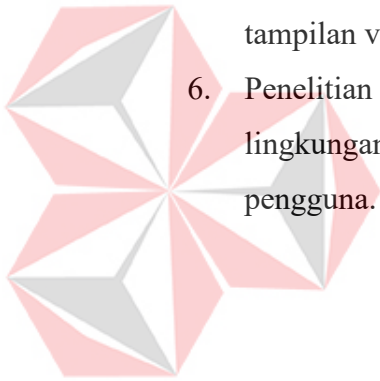
Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pembelajaran Montessori berbasis AI yang mengintegrasikan flashcard dan ESP32-CAM untuk pengenalan bentuk dan warna berhasil diimplementasikan. Sistem ini mampu mengenali tiga bentuk dasar (segitiga, persegi, lingkaran) dan empat warna primer (merah, kuning, hijau, biru) melalui AI dengan model FOMO.
2. Sistem berhasil mendeteksi bentuk persegi, segitiga, dan lingkaran dengan warna merah, hijau, biru, dan kuning secara sempurna (akurasi 100%) dalam ruangan tertutup dengan pencahayaan terkontrol. Kecuali untuk persegi kuning, sistem menunjukkan keterbatasan dengan akurasi 0% pada ruangan tertutup tanpa pencahayaan terkontrol, meningkat menjadi 77% di ruangan terbuka tanpa pencahayaan terkontrol, dan mencapai 90% pada ruangan tertutup dengan pencahayaan terkontrol. Kendala utama terletak pada kemiripan warna kuning dengan latar belakang putih flashcard. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan pencahayaan yang optimal sekaligus menunjukkan kebutuhan untuk penyempurnaan khusus dalam algoritma deteksi warna kuning.
3. Sistem berhasil menciptakan pengalaman belajar interaktif yang inovatif dengan menggabungkan prinsip-prinsip Montessori (kemandirian dan eksplorasi aktif) dengan teknologi AI modern. Umpan balik suara dan antarmuka yang sederhana memungkinkan anak usia dini berinteraksi dengan alat secara mandiri, sekaligus mempertahankan esensi pembelajaran Montessori.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Perluasan variasi bentuk dan warna yang dapat dikenali oleh sistem untuk meningkatkan cakupan materi pembelajaran.
2. Pengembangan dataset yang lebih beragam dengan variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan latar belakang untuk meningkatkan ketahanan model terhadap berbagai kondisi lingkungan.
3. Penambahan fitur interaktif seperti permainan edukatif atau level kesulitan yang dapat disesuaikan dengan perkembangan anak.
4. Optimasi lebih lanjut pada model FOMO untuk meningkatkan akurasi deteksi persegi kuning yang saat ini masih memiliki performa kurang konsisten.
5. Pengembangan antarmuka pengguna yang lebih lengkap dan menarik, seperti tampilan visual sederhana agar proses pembelajaran menjadi lebih interaktif.
6. Penelitian lanjutan tentang efektivitas alat dalam proses pembelajaran nyata di lingkungan PAUD dengan melibatkan pendidik dan anak-anak sebagai pengguna.



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR PUSTAKA

- BSKAP Kemendikbudristek. (2024). *Panduan Capaian Pembelajaran Fase Fondasi*.
- Fajar Hidayat.HS, D., Natsir Fitriono, A., & Fatahuddin. (2025). METODE MONTESSORI SEBAGAI PIJAKAN CALON PENDIDIK DI FAKULTAS TARBIYAH INSTITUT AGAMA ISLAM HASANUDIN PARE KEDIRI DALAM MENINGKATKAN KOMPETENSI BAGI PESERTA DIDIK. *INOVATIF: Jurnal Penelitian Pendidikan, Agama Dan Kebudayaan*, 11(1).
- Hidayati, S., Robingatin, & Saugi, W. (2020). MENINGKATKAN KEMAMPUAN MENGENAL WARNA MELALUI KEGIATAN MENCAMPUR WARNA DI TK KEHIDUPAN ELFHALUY TENGGARONG. *Yaa Bunayya : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*.
- Nurhasanah, Musda Mappapoleondro, A., & Mansoer, Z. (2021). Upaya Pengenalan Konsep Bentuk Geometri melalui Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan STKIP Kusuma Negara III SEMNARA 2021*.
- Riyadi, Budi Rahayu, P., & Cangara, H. (2024). Peran Artificial Intelligence dalam Transformasi Komunikasi Interpersonal: Peluang dan Tantangan di Era Digital. In *Journal of Mandalika Literature* (Vol. 5, Issue 4).
- Sriwahyuni, E., Muin, F., Saraha, A. R., & Zam, Z. Z. (2022). Pengaruh Penggunaan Flashcard Sistem Periodik Unsur Terhadap Daya Retensi Peserta Didik SMA Kelas X. In *Jurnal Pendidikan Kimia Unkhair (JPKU)* (Vol. 2, Issue 1).
- Wijoyo, A., Saputra, A. Y., Ristanti, S., Sya'ban, R., Amalia, M., & Febriansyah, R. (2024). Pembelajaran Machine Learning. *OKTAL : Jurnal Ilmu Komputer Dan Science*, 3(2), 375–380.