

**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN MOBILENET
UNTUK KLASIFIKASI UANG KERTAS RUPIAH PADA
PENDERITA TUNANETRA MENGGUNAKAN
ESP-32 CAM**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Teknik Komputer



disusun oleh

DAVA ALDI FADHILA

21.83.0692

Kepada

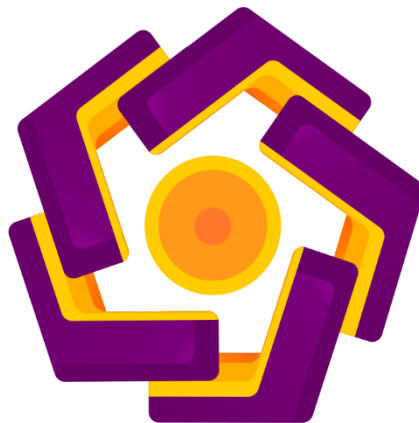
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2025

**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN MOBILENET
UNTUK KLASIFIKASI UANG KERTAS RUPIAH PADA
PENDERITA TUNANETRA MENGGUNAKAN
ESP-32 CAM**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Teknik Komputer



disusun oleh

DAVA ALDI FADHILA

21.83.0692

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN MOBILENET
UNTUK KLASIFIKASI UANG KERTAS RUPIAH PADA
PENDERITA TUNANETRA MENGGUNAKAN
ESP-32 CAM**

yang disusun dan diajukan oleh

Dava Aldi Fadhila

21.83.0692

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 21 Juli 2025

Dosen/Pembimbing,



Melwin Syafrizal, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

NIK. 190302105

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING DENGAN MOBILENET
UNTUK KLASIFIKASI UANG KERTAS RUPIAH PADA
PENDERITA TUNANETRA MENGGUNAKAN
ESP-32 CAM

yang disusun dan diajukan oleh

Dava Aldi Fadhila

21.83.0692

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 21 Juli 2025

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Muhammad Kopravi, S.Kom., M.Eng.
NIK. 190302454

Senie Destya, S.T., M.Kom.
NIK. 190302312

Melwin Syafrizal, S.Kom., M.Eng., Ph.D.
NIK. 190302105



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 21 juli 2025

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Prof. Dr. Kusrini, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Dava Aldi Fadhila
NIM : 21.83.0692

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

**Implementasi Machine Learning dengan Arsitektur MobileNet untuk
Klasifikasi Uang Kertas Rupiah pada Penderita Tunanetra Menggunakan
ESP-32 CAM**

Dosen Pembimbing : Melwin Syafrizal, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas AMIKOM Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian SAYA sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab SAYA, bukan tanggung jawab Universitas AMIKOM Yogyakarta.
5. Pernyataan ini SAYA buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka SAYA bersedia menerima SANKSI AKADEMIK dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta, 21 Juli 2025

Yang Menyatakan,



Dava Aldi Fadhila

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, anugerah, dan kemudahan-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. Berkat doa, dukungan, dan kasih sayang dari orang-orang tercinta, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu

Dengan penuh rasa syukur, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, dan petunjuk dalam setiap langkah hidup saya.
2. Bapak Suratman, Ibu Sholikhah, dan seluruh keluarga tercinta, atas cinta, doa, dan dukungan yang tak pernah putus. Terima kasih atas segalanya.
3. Bapak Melwin Syafrizal, S.Kom., M.Eng., Ph.D., dosen pembimbing yang telah membimbing saya dengan sabar dan penuh dedikasi.
4. Sahabat dan teman seperjuangan, atas kebersamaan, bantuan, dan semangat yang tak ternilai selama proses ini.
5. Semua pihak yang turut membantu dan memberi dorongan, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat yang banyak bagi semua pihak. Akhir kata, persembahan ini, juga ditujukan kepada almamater tercinta, Universitas Amikom Yogyakarta atas kesempatan belajar yang diberikan.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kekuatan yang telah diberikan sehingga proses penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar. Penelitian ini bagian dari syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Sarjana Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta.

Selama proses penyusunan, penulis banyak menerima dukungan, bimbingan, dan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan di setiap langkah.
2. Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta.
3. Bapak Prof. Dr. Kusrini, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
4. Bapak Melwin Syafrizal, S.Kom., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tua dan Keluarga tercinta yang selalu menjadi sumber doa dan semangat
6. Teman-teman seperjuangan atas segala bantuan, kerja sama, dan kebersamaan selama masa kuliah hingga akhir penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan dalam bidang teknologi.

Yogyakarta, 21 juli 2025

Penulis

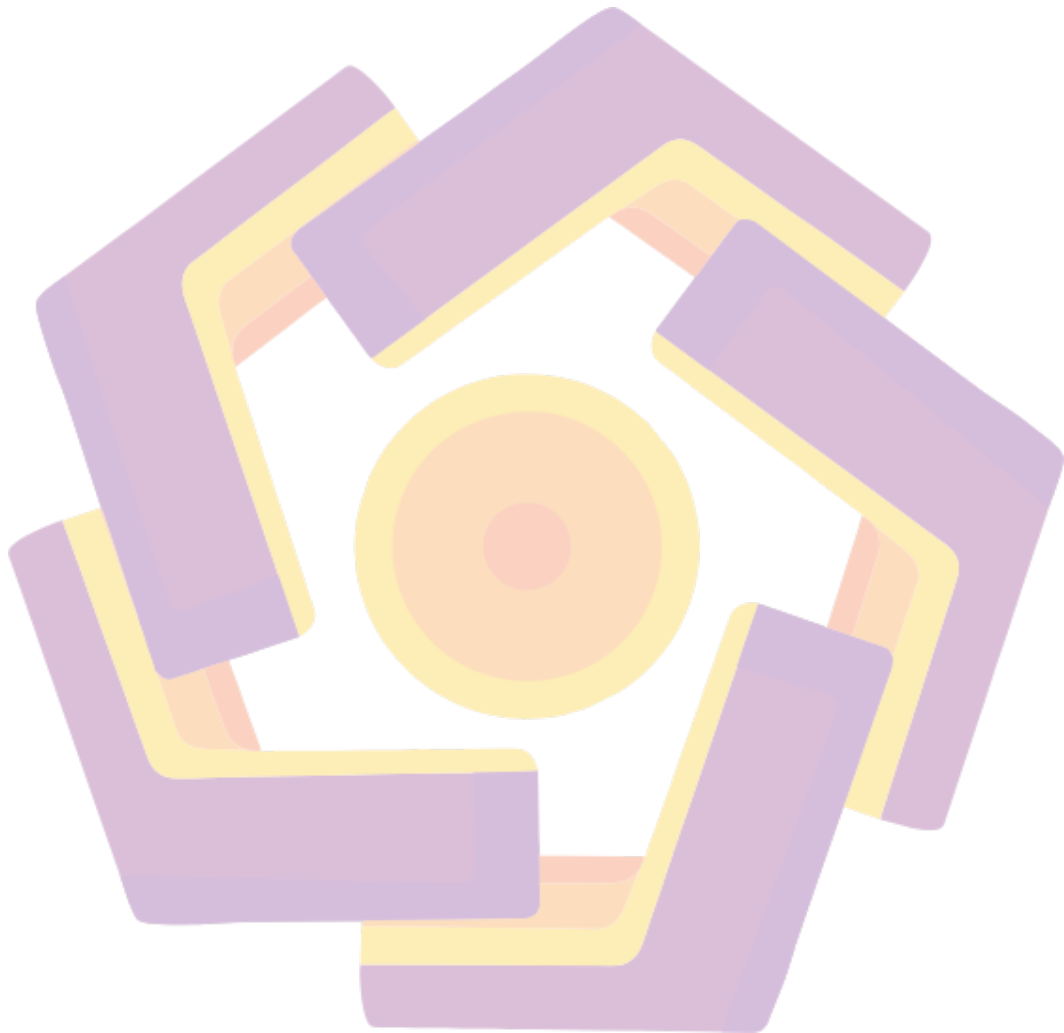
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
INTISARI	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Machine Learning	10

2.2.2	Tunanetra	11
2.2.3	MobileNetV2	12
2.2.4	ESP-32 CAM	14
2.2.5	Buzzer	15
2.2.6	Uang kertas	16
2.2.7	<i>Edge Impulse</i>	19
2.2.8	<i>Metode Research and Development (R&D)</i>	19
2.2.9	Kabel Jumper	20
2.2.10	<i>3D Printing</i>	21
2.2.11	Arduino IDE	22
2.2.12	Saklar	22
2.2.13	Baterai	23
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Objek Penelitian	25
3.2	Alur Penelitian	26
3.2.1	Identifikasi Masalah	26
3.2.2	Studi Literatur	27
3.2.3	Perancangan Sistem	27
3.2.4	Pembuatan Prototipe	28
3.2.5	Pengujian	29
3.2.6	Hasil Pengujian	29
3.3	Alat dan Bahan	30
3.3.1	Data Penelitian	30

3.3.2	Alat dan Instrumen	31
3.4	Desain Rangkaian Elektronik	31
3.5	Alur kerja sistem	32
3.6	Pembuatan Dataset di Edge Impulse	33
3.7	Metode Penelitian	35
3.8	Metode Pengujian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Perancangan sistem	37
4.1.1	Perangkat Keras dan Konfigurasi Pin	39
4.1.2	Mekanisme Kerja Alat	40
4.2	Hasil Perangkat Lunak	41
4.2.1	Struktur Kerja Perangkat Lunak	41
4.2.2	Penjelasan Fungsi Perangkat Lunak	41
4.2.2.1	Proses Inferensi Machine Learning dalam Program	44
4.2.3	Integrasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras	46
4.2.4	Pembahasan dan Analisis Perangkat Lunak	47
4.2	Hasil Pengujian sistem	49
4.2.1	Uji Fungsionalitas	49
4.2.2	Uji Akurasi Klasifikasi	50
4.2.3	Uji Waktu Deteksi	53
4.2.4	Pengujian Terhadap Kondisi Uang yang Tidak Sesuai Batasan ..	54
BAB V PENUTUP		56
5.1	Kesimpulan	56

5.2	Saran	56
REFERENSI		58



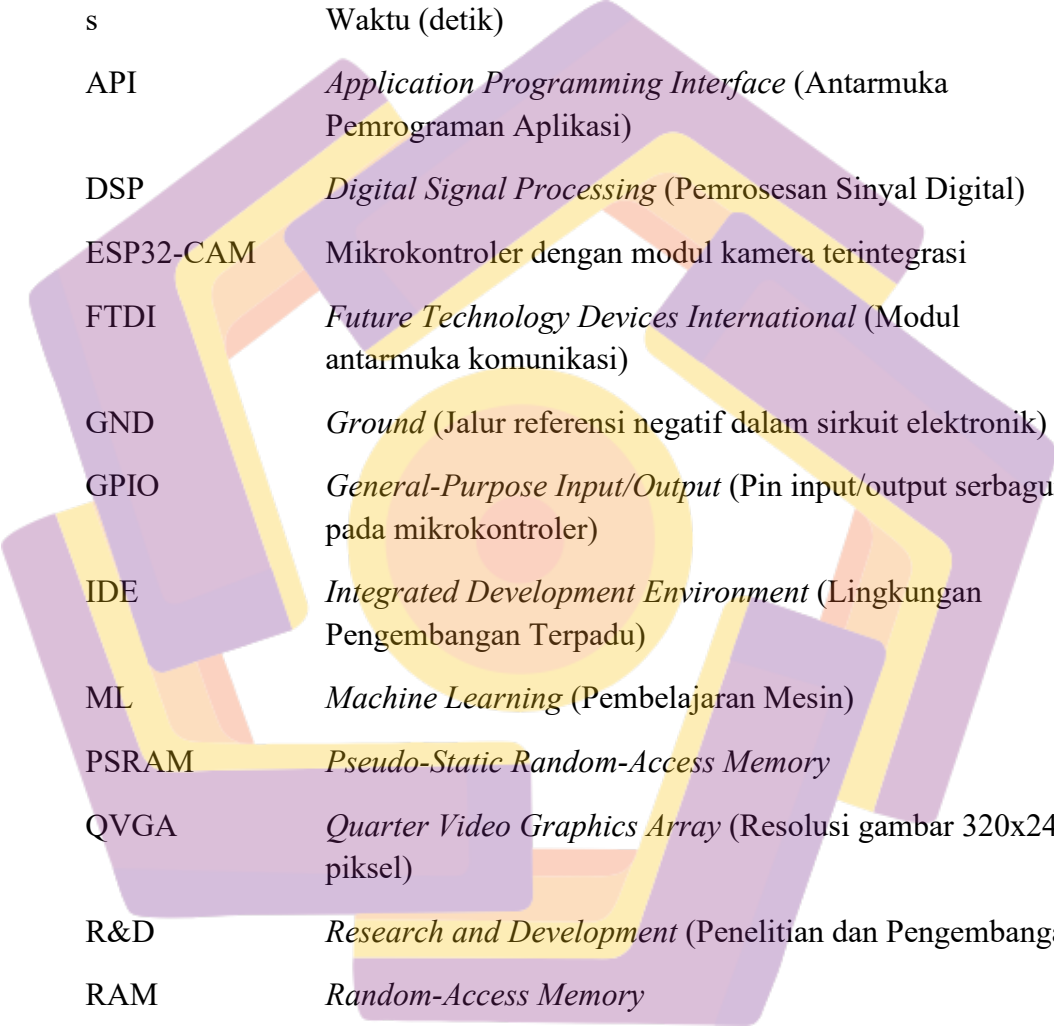
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian	7
Tabel 2.2 <i>Architectur MobileNet</i>	13
Tabel 2. 3 spesifikasi ESP32-CAM	15
Tabel 3. 1 Alat Bahan	31
Tabel 4. 1 Pin IO	40
Tabel 4. 2 Integrasi Perangkat Lunak dan Perangkat Keras	46
Tabel 4. 3 hasil uji coba	50
Tabel 4. 4 Akurasi Klasifikasi pada Uang dalam Kondisi Baik	51
Tabel 4. 5 Akurasi Klasifikasi pada Uang dalam Kurang Baik	52
Tabel 4. 6 Perbandingan Akurasi Klasifikasi kedua kondisi	53
Tabel 4. 7 Uji Waktu Deteksi	53

DAFTAR GAMBAR

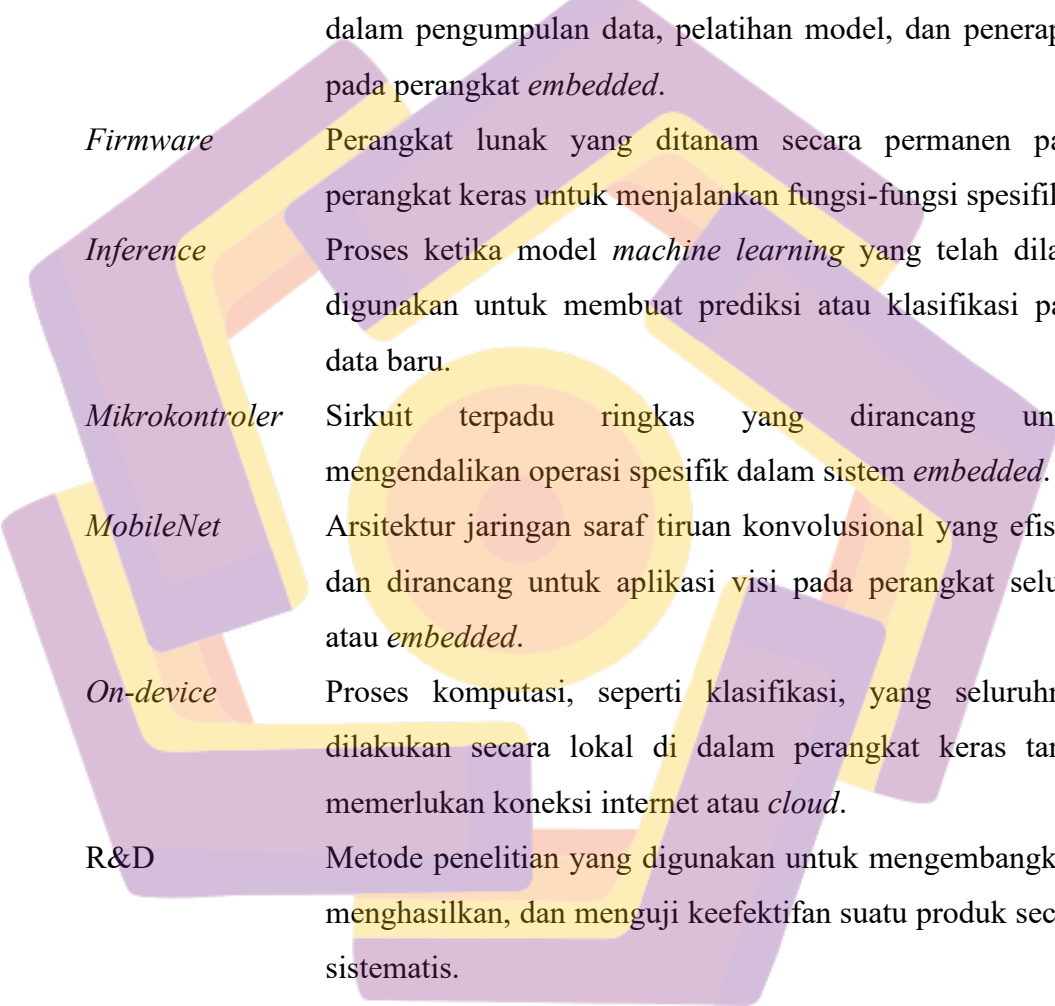
Gambar 2. 1 arsitektur MobileNetV2	12
Gambar 2. 2 ESP-32 Cam	14
Gambar 2. 3 Buzzer	16
Gambar 2. 4 Uang Rupiah	17
Gambar 2. 5 Kabel Jumper	21
Gambar 2. 6 Saklar	23
Gambar 3. 1 Desain rangkaian	31
Gambar 3. 2 Alur kerja sistem	32
Gambar 4. 1 Hasil Sistem Alat	37
Gambar 4. 2 Hasil Sistem Alat	37
Gambar 4. 3 Hasil Sistem Alat	38
Gambar 4. 4 kode program	42
Gambar 4. 5 kode program	42
Gambar 4. 6 kode program	42
Gambar 4. 7 kode program	43
Gambar 4. 8 kode program	43
Gambar 4. 9 Kode <i>Machine Learning</i>	44
Gambar 4. 10 Kode <i>Machine Learning</i>	45
Gambar 4. 11 Kode <i>Machine Learning</i>	45
Gambar 4. 12 Kode <i>Machine Learning</i>	46

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN



V	Tegangan Listrik (Volt)
mA	Arus Listrik (miliampere)
ms	Waktu (milidetik)
s	Waktu (detik)
API	<i>Application Programming Interface</i> (Antarmuka Pemrograman Aplikasi)
DSP	<i>Digital Signal Processing</i> (Pemrosesan Sinyal Digital)
ESP32-CAM	Mikrokontroler dengan modul kamera terintegrasi
FTDI	<i>Future Technology Devices International</i> (Modul antarmuka komunikasi)
GND	<i>Ground</i> (Jalur referensi negatif dalam sirkuit elektronik)
GPIO	<i>General-Purpose Input/Output</i> (Pin input/output serbaguna pada mikrokontroler)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Lingkungan Pengembangan Terpadu)
ML	<i>Machine Learning</i> (Pembelajaran Mesin)
PSRAM	<i>Pseudo-Static Random-Access Memory</i>
QVGA	<i>Quarter Video Graphics Array</i> (Resolusi gambar 320x240 piksel)
R&D	<i>Research and Development</i> (Penelitian dan Pengembangan)
RAM	<i>Random-Access Memory</i>
TTS	<i>Text-to-Speech</i> (Teks ke Suara)
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VCC	<i>Voltage Common Collector</i> (Pin sumber daya positif)

DAFTAR ISTILAH



<i>Dataset</i>	Kumpulan data, dalam penelitian ini berupa gambar uang kertas, yang digunakan untuk melatih dan menguji model <i>machine learning</i> .
<i>Edge Impulse</i>	Platform pengembangan yang menawarkan kemudahan dalam pengumpulan data, pelatihan model, dan penerapan pada perangkat <i>embedded</i> .
<i>Firmware</i>	Perangkat lunak yang ditanam secara permanen pada perangkat keras untuk menjalankan fungsi-fungsi spesifik.
<i>Inference</i>	Proses ketika model <i>machine learning</i> yang telah dilatih digunakan untuk membuat prediksi atau klasifikasi pada data baru.
<i>Mikrokontroler</i>	Sirkuit terpadu ringkas yang dirancang untuk mengendalikan operasi spesifik dalam sistem <i>embedded</i> .
<i>MobileNet</i>	Arsitektur jaringan saraf tiruan konvolusional yang efisien dan dirancang untuk aplikasi visi pada perangkat seluler atau <i>embedded</i> .
<i>On-device</i>	Proses komputasi, seperti klasifikasi, yang seluruhnya dilakukan secara lokal di dalam perangkat keras tanpa memerlukan koneksi internet atau <i>cloud</i> .
<i>R&D</i>	Metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan, menghasilkan, dan menguji keefektifan suatu produk secara sistematis.
<i>Emisi</i>	tahun terbitnya atau tahun dikeluarkannya suatu seri uang kertas secara resmi oleh Bank Indonesia.

INTISARI

Keterbatasan individu tunanetra dalam mengenali nominal uang kertas rupiah secara mandiri menjadi masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini, mengingat belum tersedianya alat bantu yang portabel, terjangkau, dan mudah digunakan. Dampak dari permasalahan ini adalah berkurangnya aksesibilitas keuangan dan kemandirian bagi penyandang tunanetra. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan sebuah sistem klasifikasi uang kertas yang terintegrasi pada perangkat *embedded*. Proses pengembangan meliputi beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan prototipe, dan pengujian.

Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM yang diintegrasikan dengan model *machine learning* arsitektur MobileNet yang dilatih menggunakan platform Edge Impulse untuk mengklasifikasikan tujuh pecahan uang kertas rupiah (Rp1.000, Rp2.000, Rp5.000, Rp10.000, Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat berhasil dikembangkan dan dapat berfungsi secara *offline* dan *real-time*.

Berdasarkan pengujian, sistem mampu bekerja stabil dan memberikan output suara melalui *buzzer* sebagai respons hasil klasifikasi. Uji akurasi menunjukkan performa yang sangat baik, dengan rata-rata akurasi mencapai 95% untuk uang dalam kondisi baik dan 90,71% untuk uang dalam kondisi kurang baik. Waktu deteksi total yang dibutuhkan sistem berkisar antara 4 hingga 7 detik, yang cukup responsif untuk penggunaan sehari-hari. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh penyandang tunanetra sebagai alat bantu untuk meningkatkan kemandirian dalam transaksi keuangan. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sistem dengan output suara yang lebih informatif seperti *Text-to-Speech* (TTS) dan menggunakan platform yang lebih kuat seperti Raspberry Pi untuk meningkatkan kompleksitas model dan akurasi.

Kata kunci: Klasifikasi Uang, ESP32-CAM, *Machine Learning*, MobileNet

ABSTRACT

The limitation of visually impaired individuals in independently recognizing the denominations of Rupiah banknotes is the primary issue addressed in this research, given the absence of portable, affordable, and user-friendly assistive tools. This problem leads to reduced financial accessibility and independence for the visually impaired, to tackle this issue, the study employed the Research and Development (R&D) method to create a banknote classification system integrated into an embedded device. The development process involved several stages: problem identification, literature review, system design, prototyping, and testing.

The system was built using an ESP32-CAM microcontroller integrated with a MobileNet architecture machine learning model, trained on the Edge Impulse platform to classify seven Rupiah banknote denominations (IDR 1,000, IDR 2,000, IDR 5,000, IDR 10,000, IDR 20,000, IDR 50,000, and IDR 100,000). Research findings indicate the successful development of a prototype that operates offline and in real-time.

Testing confirmed the system's stability and its ability to provide audio feedback via a buzzer upon classification. Accuracy tests demonstrated excellent performance, with an average accuracy of 95% for banknotes in good condition and 90.71% for those in poor condition. The total detection time, ranging from 4 to 7 seconds, is sufficiently responsive for daily use. This research can be utilized by the visually impaired as an assistive tool to enhance independence in financial transactions. Future work could focus on developing a system with more informative audio output, such as Text-to-Speech (TTS), and using a more powerful platform like a Raspberry Pi to improve model complexity and accuracy.

Keyword: Banknote Classification, ESP32-CAM, Machine Learning, MobileNet