

**ASISTEN PINTAR UNTUK TUNANETRA BERBASIS ESP32
MIKROKONTROLLER DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINGLE SHOT
MULTIBOX DETECTOR (SSD) UNTUK PENGENALAN OBYEK**

SKRIPSI

Oleh

**Dio Sadandi Putra 2201836482
Muzammil Rabiawardana 2201763556**



**Program Studi Teknik Informatika
School of Computer Science
Universitas Bina Nusantara
Tangerang
2022**

**ASISTEN PINTAR UNTUK TUNANETRA BERBASIS ESP32
MIKROKONTROLLER DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINGLE SHOT
MULTIBOX DETECTOR (SSD) UNTUK PENGENALAN OBYEK**

SKRIPSI

**diajukan sebagai salah satu syarat
untuk gelar kesarjanaan pada
Program Studi Teknik Informatika
Jenjang Pendidikan Strata-1**

Oleh

**Dio Sadandi Putra 2201836482
Muzammil Rabiawardana 2201763556**



**Program Studi Teknik Informatika
School of Computer Science
Universitas Bina Nusantara
Jakarta
2022**

Universitas Bina Nusantara

Pernyataan Kesiapan Skripsi untuk Ujian Pendadaran

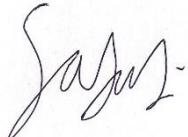
Pernyataan Penyusunan Skripsi

Kami, **Dio Sadandi Putra**
 Muzammil Rabiawardana

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul:

**ASISTEN PINTAR UNTUK TUNANETRA BERBASIS ESP32
MIKROKONTROLLER DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SINGLE SHOT MULTIBOX DETECTOR (SSD)* UNTUK PENGENALAN OBYEK
SMART ASSISTANT FOR THE BLIND BASED ON ESP32 MICROCONTROLLER
USING SINGLE SHOT MULTIBOX DETECTOR (SSD) METHOD FOR OBJECT
RECOGNITION**

adalah benar hasil karya kami dan belum pernah diajukan sebagai karya ilmiah, sebagian atau seluruhnya, atas nama saya atau pihak lain



Dio Sadandi Putra
2201836482



Muzammil Rabiawardana
2201763556

Disetujui oleh Pembimbing

Kami setuju Skripsi tersebut layak diajukan untuk Ujian Pendadaran

Bayu Kanigoro, S.Kom., M.T.
D3366
12 Juli 2022

UNIVERSITAS BINA NUSANTARA

Program Studi Teknik Informatika

School of Computer Science

Skripsi Sarjana Komputer

Semester Genap Tahun 2021/2022

ASISTEN PINTAR UNTUK TUNANETRA BERBASIS ESP32 MIKROKONTROLLER DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINGLE SHOT MULTIBOX DETECTOR (SSD) UNTUK PENGENALAN OBYEK

Dio Sadandi Putra 2201836482

Muzammil Rabiawardana 2201763556

ABSTRACT

This paper discusses a tool that can help a visually impaired person in his day-to-day use of microcontrollers and machine learning. The microcontroller used is ESP32 and machine learning used is an SSD algorithm that can recognize objects, then making localhost to send data between microcontrollers. Several approaches have been carried out such as literature studies, research and experiments to create and develop this prototype. This prototype uses the ESP32-Cam to capture the object and then the object is recognized by emitting sound from the speaker as the output. Microcontroller programming is made with C++ and make UI in browser by HTML dan Javascript, while machine learning is made with SSD algorithm using COCO dataset, then localhost is created using Python. The result is a prototype that can detect and recognize objects and then introduce the object using a speaker.

Keywords :ESP32, Machine Learning, COCO-SSD, ESP32-Cam, IoT, Tensorflow, Mikrokontroller, Object Detection, Blind, Image-Processing, Hat, API

ABSTRAK

Dokumen ini membahas alat yang dapat membantu seorang tunanetra dalam sehariannya dengan menggunakan mikrokontroler dan pembelajaran mesin. Mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32 dan pembelajaran mesin yang digunakan adalah algoritma SSD yang dapat mengenali objek, lalu membuat localhost untuk mengirim data antar mikrokontroler. Beberapa pendekatan banyak dilakukan seperti studi literatur, penelitian dan eksperimen untuk membuat dan mengembangkan prototipe ini. Prototipe ini menggunakan ESP32-Cam untuk menangkap objek kemudian objek itu dikenali dengan mengeluarkan suara dari speaker sebagai hasil keluarannya. Pemrograman mikrokontroler dibuat dengan C++ dan membuat antarmuka dengan pengguna dengan HTML dan Javascript, sedangkan pembelajaran mesin dibuat dengan algoritma SSD dengan memakai dataset COCO, kemudian pembuatan localhost memakai Python. Hasilnya adalah prototipe yang dapat mendeteksi sekaligus mengenali objek kemudian memperkenalkan objek tersebut menggunakan speaker.

Kata kunci :ESP32, Pembelajaran Mesin, COCO-SSD, ESP32-Cam, IoT, Tensorflow, Mikrokontroller, Pendekripsi Objek, Tunanetra, Pemrosesan gambar, Topi, API.

KATA PENGANTAR

‘ Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan ijin-Nya penulis dapat menyelesakan skripsi dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu kelulusan di program studi *Computer Science* di Universitas Bina Nusantara untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata Satu (S1) dari program Studi *Computer Science*.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Harjanto Prabowo, M.M. selaku Rektor Universitas Bina Nusantara.
2. Bapak Dr. Fredy Purnomo, S.Kom., M.Kom. selaku dekan *School of Computer Science*.
3. Bapak Dr. Derwin Suhartono, S.Kom., M.T.I selaku *Head of Computer Science Departement* dan juga selaku *Head of Computer Science Program* – Alam Sutera
4. Bapak Bayu Kanigoro, S.Kom., M.TI selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing penulis.
5. Seluruh Dosen Universitas Bina Nusantara yang telah memberi ilmunya selama masa perkuliahan.
6. Kepada orang tua, keluarga dan teman atas doa dan dukungannya.
7. Teman dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam seluruh proses penulisan skripsi hingga selesai.

Kami menyadari bahwa skripsi yang kami buat ini masih memiliki banyak kekurangan, baik segi penyusunan, bahasa, maupun penulisannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran sehingga untuk kedepannya kami dapat menyempurnakan dengan lebih baik lagi.

Akhir kata, semoga skripsi ini bisa memberikan informasi kepada para pembaca dan diterima oleh jurusan serta bisa bermanfaat untuk perkembangan dan peningkatan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 12 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Tujuan dan Manfaat	3
1.5. Metode Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN REFRENSI.....	7
2.1. Landasan Teori.....	7
2.1.1. Definisi Kualitatif dan Kuantitatif	7
2.1.2. Definisi Metode PRISMA.....	7
2.1.3. Definisi Metode <i>Prototype</i>	8
2.1.4. Definisi Disabilitas Tunanetra	8
2.1.5. Hubungan Keterbatasan Mobilitas dengan Kualitas Hidup Penyandang Tunanetra	9
2.1.6. Deteksi Objek.....	9
2.1.7. <i>Machine Learning</i>	10
2.1.8. Algoritma <i>Machine Learning</i> (ML) untuk Identifikasi Objek.....	10
2.2. Implementasi Metode Penelitian.....	11
2.2.1. Fokus penelitian	12
2.2.2. Implementasian Metode Penelitian PRISMA	13
2.2.3. Hasil Penelitian PRISMA	16
2.3. Komponen yang Digunakan	20
2.4. Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)	29
2.5. Internet of Things (IoT)	30
2.6. Inter-IC Sound (I2S)	31
2.7. Unified Modeling Language (UML)	31

2.8.	Python	40
2.9.	HTML dan JavaScript.....	40
2.10.	Digital to Analog Converter (DAC)	40
2.11.	Application Programming Interface (API)	41
2.12.	Tensorflow Lite API dan Tensorflow JS	42
2.13.	Algoritma Machine Learning Single Shot Multibox Detector (SSD)	42
BAB 3 METODE PELAKSANAAN		44
3.1.	Kerangka Berpikir.....	44
3.2.1.	Metode Perumusan Masalah dan Perancangan solusi	44
3.2.2.	Metode Pengumpulan Data.....	45
3.2.3.	Metode Analisis Data.....	46
3.2.4.	<i>Data Mining</i>	46
3.2.5.	Metode pengembangan Aplikasi atau Interface.....	46
3.2.6.	Metode Perancangan perangkat atau Prototipe.....	46
3.2.7.	Metode pengujian Sistem.....	47
3.3.	Perancangan perangkat keras	48
3.3.1.	Skematik Rangkaian Kamera.....	48
3.3.2.	Skematik Rangkaian Speaker	49
3.3.3.	Skematik Rangkaian Raspberry Dengan Skematik Speaker dan Kamera ...	49
3.4.	Proses Pelatihan <i>Machine Learning</i> (ML) untuk Identifikasi Objek.....	53
3.4.1.	Pemilihan Set Data (<i>Dataset</i>).....	55
3.5.	Transfer Learning.....	56
3.6.	Implementasi <i>Machine Learning</i> (ML) pada Perangkat.....	57
3.7.	Perancangan UML	58
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		63
4.1.	Testing Environment.....	63
4.1.1.	Prosedur Pengoperasian Alat	64
4.1.2.	Tampilan – tampilan prototipe saat dijalankan	65
4.2.	Hasil (Kecepatan, Tingkat Akurasi, Presisi Dan Lain Lain)	73
4.2.1.	Hasil Model Single-Shot Multibox Detector (SSD)	73
4.3.	Evaluasi User	82
A.	Subjektif.....	82
B.	Objektif	84
4.4.	Evaluasi Sistem.....	88

4.4.1. Kemampuan perangkat dalam mendeteksi objek	88
4.4.2. Evaluasi Perangkat keras	89
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1. Simpulan	91
5.2. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3.1 Tabel spesifikasi ESP32-Cam (Espressif System, 2016).....	20
Tabel 2.3.2 Tabel spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B ((Raspberry pi.org, 2019)	27
Tabel 2.7.1 Penjelasan simbol dan fungsi Use Case Diagram (Aleryani, 2016)	33
Tabel 2.7.2 Visualisasi simbol penulisan Activity Diagram.....	35
Tabel 2.7.3 Visualisasi simbol dan fungsi Sequence diagram	36
Tabel 2.7.4 Visualisasi simbol dan fungsi Class diagram.....	38
Tabel 4.1.1 Daftar komponen yang digunakan dalam penelitian.....	63
Tabel 4.2.1 Perbandingan model machine learning untuk deteksi objek.....	73
Tabel 4.2.2 Perbandingan kecepatan dan akurasi antar model deteksi objek	74
Tabel 4.2.3 Table Confusion Matrix	76
Tabel 4.3.1 Tabel perbandingan harga komponen	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1 Proses metode penelitian PRISMA	14
Gambar 2.3.1 ESP32-CAM.....	20
Gambar 2.3.2 Speaker\.....	21
Gambar 2.3.3 Rangkaian speaker.....	22
Gambar 2.3.4 ESP32 DevKitC V4.....	23
Gambar 2.7.1 Contoh Use-Case Diagram (Aquino, dkk, 2020)	32
Gambar 2.11.1 Proses fungsi API.....	41
Gambar 3.1.1 Diagram Kerangka Berpikir	44
Gambar 3.2.1 Skematik Rangkain Kamera.....	48
Gambar 3.2.2 Skematik Rangkain Speaker.....	49
Gambar 3.2.3 Skematik Raspberry terhubung dengan ESP32 via serial dengan kabel USB	50
Gambar 3.2.4 Skematik rangkaian keseluruhan dari prototipe	51
Gambar 3.2.5 Skematik Arsitektur keseluruhan sistem prototipe.....	52
Gambar 3.3.1 Diagram alir proses kerja system menggunakan machine learning	53
Gambar 3.3.2 Cara kerja model Single Shot Multibox Detector	54
Gambar 3.3.3 Gambar pada dataset COCO yang sudah dilabel (cocodataset.org. 2022)...	56
Gambar 3.4.1 Traditional learning dan Transfer learning (Pan and Yang, 2009).....	56
Gambar 3.5.1 Code yang ditambahkan untuk membentuk kotak pembatas (Tensorflow Github, 2022)	57
Gambar 3.6.1 Use Case Diagram.....	58
Gambar 3.6.2 Activity Diagram.....	59
Gambar 3.6.3 Class Diagram	60
Gambar 3.6.4 Sequence Diagram.....	61
Gambar 4.1.1 Tampilan ESP32 cam berhasil tersambung ke internet.....	66
Gambar 4.1.2 Halaman pertama setelah mengakses IP	66
Gambar 4.1.3 Kamera siap mendeteksi objek.....	67
Gambar 4.1.4 kamera mendeteksi objek	68
Gambar 4.1.5 Angka hasil analisa pendekripsi objek Machine Learning	68
Gambar 4.1.6 Ilustrasi posisi nilai koordinat	69
Gambar 4.1.7 Tampilan konsol dimana objek data dikirim melalui API	69
Gambar 4.1.8 Tampilan terminal pada localhost	70

Gambar 4.1.9 Tampilan speaker dengan spesifikasi WAV file	70
Gambar 4.1.10 Prototipe tampak dari atas	71
Gambar 4.1.11 Prototipe tampak dari depan.....	71
Gambar 4.1.12 Prototipe tampak dari kanan.....	72
Gambar 4.1.13 Prototipe tampak dari kiri.....	72
Gambar 4.1.14 Prototipe tampak dari belakang	73
Gambar 4.2.1 Kotak Pembatas pada pengenalan objek pada Machine Learning	74
Gambar 4.2.2 Perbandingan akurasi deteksi objek dalam sekenario berbeda	75
Gambar 4.2.3 Hasil pendekalian objek menggunakan 10 sampel objek kursi berhasil mendekali sesuai dengan nama objek yang ditangkap berjumlah 7 sampel	78
Gambar 4.2.4 Hasil pendekalian objek yang gagal dalam mendekali objek kursi berjumlah 2 sampel	79
Gambar 4.2.5 Hasil pendekalian objek berhasil namun gagal dalam mengklasifikasi objek kursi berjumlah 1 sampel	79
Gambar 4.2.6 Tampak Akurasi dari pendekalian objek motor dari belakang dan depan..	81
Gambar 4.2.7 Tampak akurasi objek motor dari samping	81
Gambar 4.3.1 Perbandingan alat yang pada penelitian lain (kiri) dan alat yang dibuat pada penelitian ini (kanan)	84
Gambar 4.3.2 Kondisi persediaan speaker yang digunakan pada penelitian lain diberbagai toko online	85
Gambar 4.3.3 persediaan speaker yang digunakan pada prototipe ini diberbagai toko online	86
Gambar 4.3.4 Speaker yang digunakan pada prototipe ini	86
Gambar 4.3.5 HIFI DAC HAT (Kiri) dan MAX98357DAC (Kanan).....	87
Gambar 4.4.1 Kesalahan dalam pendekalian objek.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Wawancara dengan penderita Tunanetra.....	L1
Lampiran 2 Harga Survei komponen pembuatan prototipe.....	L2
Lampiran 3 Harga Survei komponen pembuatan pada penelitian sebelumnya	L3

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekarang kita berada di zaman di mana perkembangan teknologi berkembang pesat yang berawal dari ide – ide baru dan inovatif untuk mempermudah pekerjaan manusia maupun menghasilkan profit. Berbagai macam ide tersebut di realisasikan sehingga berkembanglah teknologi – teknologi baru dan memberikan kenyamanan kepada pengguna dan mendorong lagi untuk membuat teknologi yang lebih maju dari sebelumnya sehingga menciptakan zaman 4.0.

Teknologi baru tersebut termasuk teknologi yang dapat membantu banyak orang khususnya penyandang disabilitas Tunanetra. Inovasi-inovasi teknologi ini dapat membantu para penyandang Tunanetra untuk meningkatkan kualitas hidupnya dan mempermudah mereka dalam beraktivitas sehari – hari. Beberapa inovasi teknologi yang sudah berhasil diciptakan antara lain adalah alat navigasi berbasis sensor ultrasonik yang diciptakan oleh Andreas dan Wendoto. Alat ini berbentuk tongkat dengan sebuah sensor di bagian tengahnya (Andreas Wendanto, 2017, hlm. 26). Adapun selain itu, beberapa penelitian berkaitan dengan hal ini, salah satu nya adalah dilakukan oleh Setiawan (Setiawan, 2017) dan Heryanto dan Suprijono (Heryanto dan Suprijono, 2011) yang merupakan alat yang menggunakan tongkat dan sensor yang dapat membantu tunanetra melakukan mobilitas. Alat bantu tersebut tentunya dapat mempermudah para penyandang disabilitas dalam berkegiatan sehari-hari.

Akan tetapi, berdasarkan penelitian mereka, alat-alat ini memiliki kekurangan seperti alat navigasi yang diciptakan oleh Andreas dan Wendanto yang memiliki kekurangan yaitu hanya bisa mendekripsi rintangan di satu arah saja. Tentu dengan seiring waktu, teknologi semakin canggih maka diperlukan alat bantu yang dilengkapi dengan teknologi sekarang seperti *microcontroller* yaitu komputer berukuran kecil dengan kemampuan memproses yang cukup cepat dan sebuah model atau kumpulan komputer yang terhubung satu sama lain yang memungkinkan untuk diakses secara ubiquitous (dimanapun dan kapanpun), nyaman, yang bisa secara *On-demand* untuk melakukan akses jaringan ke sumber daya komputasi (Peter Mell dan Timothy Grance, 2012 definisi 2.7). Pengembangan lebih lanjut ini diperlukan dikarenakan tantangan bagi

penyandang Tunanetra yang semakin kompleks sementara tingkat mobilitas dan aktivitas yang semakin kompleks juga.

Terlebih menurut perkiraan Kementerian Kesehatan RI, jumlah penyandang tunanetra di Indonesia mencapai 1,5% dari total penduduk. Jika jumlah penduduk Indonesia saat ini 250 juta, berarti saat ini sedikitnya ada 3.750.000 orang tunanetra, termasuk tunanetra dan tunanetra. Menurut Sensus 2010, penduduk usia sekolah mencapai 40% dari total penduduk. Artinya 40% dari 3.750.000 penyandang tunanetra di Indonesia adalah penyandang tunanetra usia sekolah-6 sampai 18 tahun. Menurut data Administrasi Umum Pendidikan Dasar dan Menengah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada September 2016, jumlah anak cacat usia sekolah di sekolah hanya 12%-ini tentu saja termasuk anak tunanetra. Dari data tersebut dapat disimpulkan masih banyak tunanetra di Indonesia dan pemerintah masih mencari solusi untuk membantu mereka mulai dari menyembuhkan mata maupun memberikan alat bantu untuk mereka. Sehingga kami memiliki ide untuk membantu mereka dengan membuat alat sebagai asisten mereka dalam sehari – hari.

Mengembangkan alat ini menggunakan *Embedded system*. Tunanetra akan direncanakan menggunakan ikat kepala yang nantinya akan ada kamera di jidatnya lalu kamera tersebut terhubung dengan internet dan *python* yang akan menampilkan hasil rekaman kamera yang nantinya akan memberitahu ke pengeras suara untuk memberi tahu objek yang ada di depan tunanetra.

Alat yang akan dikembangkan berupa alat yang dapat membantu orang tunanetra berjalan dan membantu mengenal lingkungan di sekitarnya sehingga tunanetra merasa terbantu oleh alat ini. Diharapkan alat ini digunakan oleh tunanetra yang sering berpergian seperti pasar, mal, dan tempat umum lainnya. Juga alat ini bisa digunakan di rumah jika diinginkan. Diharapkan alat ini dapat mengatasi masalah tunanetra di Indonesia yang perlu mencari nafkah keluar rumah sehingga mereka bisa beraktivitas layaknya orang normal dalam kehidupan sehari – hari.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana alat tersebut dapat membantu manusia dalam kesehariannya?
2. Bagaimana alat tersebut dapat mengenalkan objek dan lingkungan di hadapan Tunanetra?

3. Bagaimana alat ini dapat membantu permasalahan penyandang tunanetra di Indonesia?
4. Mengapa tunanetra membutuhkan alat ini sebagai pengganti indra penglihatan mereka?

1.3. Ruang Lingkup

Alat bantu pintar (*Smart Assistant*) ini didesain untuk membantu dalam mempermudah para penyandang Tunanetra dan kesulitan penglihatan dalam melaksanakan aktivitas sehari-harinya.

1.4. Tujuan dan Manfaat

a) Tujuan

Tujuan dari penelitian ini, adalah :

1. Mendeskripsikan cara alat tersebut dapat membantu manusia dalam kesehariannya
2. Mendeskripsikan alat tersebut dapat mengenalkan objek dan lingkungan di hadapan tunanetra
3. Mendeskripsikan alat ini dapat membantu permasalahan penyandang tunanetra di Indonesia
4. Memaparkan mengapa tunanetra membutuhkan alat ini sebagai pengganti indra penglihatan mereka

b) Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat membantu para penyandang Tunanetra untuk meningkatkan kualitas hidupnya dan mempermudah mereka dalam beraktivitas sehari – hari.
2. Diharapkan alat ini dapat mengatasi masalah tunanetra di Indonesia yang perlu mencari nafkah keluar rumah sehingga mereka bisa beraktivitas layaknya orang normal maupun orang yang memang membutuhkannya dalam kehidupan sehari – hari.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menambah variasi pengembangan teknologi untuk membantu orang-orang yang membutuhkan dalam

menjalankan aktivitas sehari hari yang juga dapat meningkatkan kualitas hidup mereka.

1.5. Metode Penelitian

Dalam pengembangan prototipe, kami akan menggunakan metode PRISMA serta metode *prototype*. Metode PRISMA digunakan sebagai metode untuk memenuhi data – data dari referensi yang sudah ada dan memiliki kemiripan dengan penelitian yang akan dibuat untuk kebutuhan dalam menjawab permasalah tunanetra yaitu alat bantu mobilitas. Pada metode PRISMA terdapat bagian untuk melihat referensi berdasarkan data *qualitative synthesis* dan *meta-analysis* yaitu data berdasarkan penelitian kualitatif dan kuantitatif.

Metode *protoype* digunakan sebagai metode implementasi dari penelitian dengan metode PRISMA. Implementasi dari metode *prototype* ini menghasilkan produk perangkat alat bantu mobilitas bagi penyandang Tunannetra.

1.6. Sistematika Penulisan

- a. Bab 1 menjelaskan pendahuluan dari permasalahan yang akan dibahas skripsi ini beserta pemecahan solusi dan metode yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah.
- b. Bab 2 menjelaskan dari teori umum, khusus dan studi literatur yang dikerjakan saat ini baik dari alat dan software yang digunakan maupun komparasi solusi dari berbagai sumber yang pernah dilakukan sebelum ini.
- c. Bab 3 menjelaskan metode – metode pelaksanaan yang dilakukan untuk mengerjakan skripsi ini dan bagaimana metode ini dapat menyelesaikan masalah tersebut. Selain itu bab ini juga membahas perancangan prototipe dari segi perangkat keras, tampilan di saat prototipe berjalan dan diagram dari cara kerja prototipe dengan menggunakan UML diagram.
- d. Bab 4 membahas hasil dari prototipe yang dikembangkan mulai dari pengujian pemakaian, hasil pengujian machine learning dan pengujian kepada pengguna tunanetra maupun orang normal untuk memberikan pendapatnya mengenai prototipe yang dikembangkan. Adapun pembahasan evaluasi dari sistem yang

dikembangkan dan kekurangan yang perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai tujuan secara maksimal.

- e. Bab 5 merupakan kesimpulan dan saran untuk penelitian kami dalam mengembangkan prototipe kami

BAB 2 TINJAUAN REFRENSI

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Definisi Kualitatif dan Kuantitatif

Pembuatan penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif didefinisikan sebagai prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata lisan tertulis orang dan perilaku yang dapat diamati (Moleong, 2018). Sedangkan Sugiyono (2008), berpendapat bahwa metode kualitatif sebagai metode penelitian berdasarkan filosofi post-positivis untuk studi objek alam di mana peneliti adalah alat kunci, sampling bertujuan dan sumber data bola salju, teknik penelitian triangulasi (gabungan), analisis data adalah penelitian Induktif/kualitatif, hasil penelitian kualitatif lebih menekankan pada makna daripada menggeneralisasi. Penelitian dengan metode kualitatif adalah suatu proses penelitian untuk memahami fenomena-fenomena manusia atau sosial dengan menciptakan gambaran yang menyeluruh dan kompleks yang dapat disajikan dengan kata-kata, melaporkan pandangan terinci yang diperoleh dari sumber informan, serta dilakukan dalam latar setting yang alamiah (Walidin dan Tabrani, 2015: 77).

Metode penelitian kuantitatif adalah metode untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis atau memecahkan masalah, mengumpulkan data dalam bentuk rangkaian atau kumpulan angka. Oleh karena itu, teknik pengumpulan data dapat dikatakan sebagai cara pengumpulan data pada saat melakukan penelitian ini. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah penyebaran angket atau angket dan/atau tes atau uji coba dalam upaya mengetahui tingkat validitas dan reliabilitas angket. Kuesioner adalah teknik pengumpulan data berupa daftar pertanyaan yang diajukan secara langsung maupun tidak langsung kepada sumber data (responden) (Nasehudin dan Gozali, 2012).

2.1.2. Definisi Metode PRISMA

Pada saat mengulas hasil penelitian dengan cara *symantic*, pengulas membuat interpretasi, sintesis, dan penilaian dari publikasi ilmiah tersebut. Walaupun publikasi ilmiah ditulis oleh peneliti yang berpengalaman akan tetapi para pengulas karya ilmiah dapat melakukan misinterpretasi. Ulasan yang ditulis dengan pendekatan analog tidak dapat melampaui apa yang telah

dilakukan karena mencakup berbagai topik dalam subjek tertentu yang mungkin berguna dalam memahami konsep baru, tetapi jarang komprehensif dan jarang memberikan rincian tentang metode dan kadang cenderung ditulis sesuai dengan pendapat penulis; perbedaan kualitas antara studi jarang dipertimbangkan dan dapat mengakibatkan salah interpretasi dan mengarah pada bias yang tidak disengaja (Yılmaz, 2006).

Untuk mencegah hal tersebut terdapat panduan dalam melakukan ulasan *symantic* yaitu PRISMA atau *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Selçuk, 2019).

2.1.3. Definisi Metode *Prototype*

Metode *Prototype* adalah metode pengembangan sistem di mana model kerja (prototipe) dikembangkan melalui proses pengujian dan interaksi berulang. Seringkali dibutuhkan pengguna atau *user* dalam proses pengujian. Metode ini juga dikenal sebagai *Rapid Application Design* (RAD) karena menyederhanakan dan mempercepat desain system (Pressman, 2010).

2.1.4. Definisi Disabilitas Tunanetra

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kata “penyandang” dapat diartikan dengan orang yang menyandang (menderita) sesuatu. Sedangkan disabilitas merupakan kata bahasa indonesia yang berasal dari kata serapan bahasa Inggris *disability* (jamak: *disabilities*) berarti cacat atau ketidakmampuan (Pusat Bahasa, 2001).

Menurut UU Nomor 8 tahun 2016 Pasal 1 ayat 1 mendefinisikan penyandang disabilitas sebagai: “*Setiap orang yang mengalami keterbatasan fisik, intelektual, mental, dan/atau sensorik dalam jangka waktu yang lama yang dalam berinteraksi dengan lingkungan dapat mengalami hambatan dan kesulitan untuk berpartisipasi secara penuh dan efektif dengan warga negara lainnya berdasarkan kesamaan hak*” (Ndaumanu, 2020). Pada UU Nomor 8 pasal 4 ayat 1 menjabarkan lebih lanjut tentang ragam penyandang disabilitas yaitu:

- a) **Penyandang Disabilitas Fisik** adalah terganggunya fungsi gerak, antara lain amputasi, lumpuh layu atau kaku, *paraplegi*, *Cerebral Palsy* (CP), akibat stroke, akibat kusta, dan orang kecil.

- b) **Penyandang Disabilitas Intelektual** adalah terganggunya fungsi pikir karena tingkat kecerdasan di bawah rata-rata, antara lain lambat belajar, disabilitas *grahita* dan *down syndrome*.
- c) **Penyandang Disabilitas Mental** adalah terganggunya fungsi pikir, emosi, dan perilaku, seperti skizofrenia, bipolar, depresi, anxietas, dan gangguan kepribadian.
- d) **Penyandang Disabilitas Sensorik** adalah terganggunya salah satu fungsi dari panca indera, antara lain disabilitas netra, disabilitas rungu, dan/atau disabilitas wicara.

Salah satu kategori yang bisa disebut sebagai penyandang disabilitas adalah Tunanetra. Tunanetra atau disabilitas netra memiliki keterbatasan fungsi sensorik yaitu penglihatan. Seseorang dapat dikatakan memiliki penglihatan normal jika kemampuan penglihatan mendapat skor 20/200 yang berarti individu tersebut mampu melihat huruf dari jarak 20 kaki yang diukur dalam skala Snellen Chart yang merupakan indeks yang memiliki berbagai ukuran huruf dan kemampuan penglihatan dihitung dalam satuan jarak maupun derajat. Jika seseorang memiliki skor penglihatan kurang dari angka tersebut maka bisa dikatakan bahwa orang tersebut memiliki gangguan penglihatan. (Hallahan, dkk., 2006; Mangunsong, 2009).

2.1.5. Hubungan Keterbatasan Mobilitas dengan Kualitas Hidup Penyandang Tunanetra

Kualitas hidup yang baik dicapai ketika seseorang mampu menganalisis diri sendiri. Analisis diri adalah menganalisis kekuatan, kelemahan, peluang, dan kegagalan pada diri. Sehingga setiap pribadi dapat menemukan kekuatan dan kelemahan masing-masing. Kualitas hidup seorang individu dapat dilihat dari lima aspek: produktivitas kerja, kemampuan intelektual, stabilitas emosional, dan peran dalam kehidupan sosial serta dapat tercermin dari kepuasan hidup baik dalam aspek material maupun non-material. (Renwick, Brown, dan Nagler dalam Primardi dan Hadjam, 2010).

2.1.6. Deteksi Objek

Deteksi Objek (*Object Detection*) merupakan metode dalam Teknik visi computer (*Computer Vision*) yang bertujuan untuk menemukan dan

mengenali suatu objek dalam gambar maupun video. Pendekripsi objek biasanya melalui metode yang disebut *Machine Learning*. Melatih komputer untuk mengenali suatu objek memiliki tujuan untuk mereplikasi kemampuan otak manusia dalam mengartikan dan mengenali objek yang dilihatnya. Komputer dapat dilatih mengenali objek biasanya melibatkan dua proses yaitu mengklasifikasikan objek dan kemudian menggambar kotak di sekitar objek tersebut.

Deteksi objek terdiri dari mengenali objek dalam gambar dan melokalisasinya dengan menggambar kotak pembatas di sekitarnya (Liu, dkk., 2019 dan Argawal, 2018). Menurut Michelucci (2019) deteksi objek melibatkan klasifikasi objek dan lokalisasi objek. Klasifikasi objek adalah proses mengidentifikasi dan mengenali kategori setiap objek ke dalam kelas-kelas yang didefinisikan sebelumnya dalam gambar yang diberikan sedangkan lokalisasi objek adalah proses pelabelan lokasi setiap objek pada citra dengan menggambar kotak persegi panjang di sekitar objek, yang dikenal sebagai kotak batas.

2.1.7. *Machine Learning*

Istilah *Machine Learning* menurut Arthur Samuel pada tahun 1959. adalah bidang ilmu komputer yang memungkinkan komputer untuk memiliki kemampuan belajar mencari tahu sesuatu tanpa instruksi eksplisit. *Machine learning* dapat didefinisikan sebagai pengalaman berdasarkan metode komputasi untuk meningkatkan kinerja. atau membuat prediksi yang akurat. Pengertian pengalaman disini adalah informasi yang telah tersedia sebelumnya dan dapat dijadikan sebagai data pembelajaran (J.Pujoseno, 2018)

Definisi *Machine Learning* lainnya diantaranya seperti yang dikemukakan oleh Expert System pada tahun 2017, *Machine Learning* adalah aplikasi atau bagian dari kecerdasan buatan yang membuat sistem memiliki kemampuan belajar secara otomatis dan meningkatkan kemampuannya berdasarkan pengalaman tanpa diprogram secara eksplisit. Atau *Machine Learning* adalah algoritma yang bertujuan menemukan dan mengaplikasikan pola-pola di dalam data (Hao,2018).

2.1.8. Algoritma *Machine Learning* (ML) untuk Identifikasi Objek

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Algoritma didefinisikan sebagai prosedur sistematis untuk memecahkan masalah matematis dalam langkah-langkah terbatas. Algoritma pertama kali diperkenalkan oleh Abu Ja'far Muhammad Ibn Musa Al Khwarizmi pada 825 M yang berasal dari kata algoris dan ritmis di dalam buku *Al-Jabr Wa-al Muqabla*. Dalam bidang pemrograman komputer, algoritma didefnisikan sebagai metode yang terdiri dari serangkaian langkah yang terstruktur dan sistematis untuk menyelesaikan masalah dengan bantuan komputer (Jando dan Nani, 2018, 5).

Istilah *machine learning* (ML) pertama kali digunakan untuk menyebut sebuah cabang ilmu komputer yang mempelajari metode perancangan algoritma yang mampu "belajar" atau beradaptasi terhadap pola data tanpa diprogram secara eksplisit (Samuel, 1959). Pada tahun 1997, seorang ahli ilmu komputer bernama Tom M. Mitchell melakukan penelitian yang menghasilkan sebuah tulisan yang dalam tulisannya *machine learning* didefinisikan sebagai algoritma yang memiliki kemampuan untuk belajar dari pengalaman dengan mengikuti urutan tugas dan memiliki performa dalam setiap pengerjaan tugasnya. Jika pada performa pada sebuah pengerjaan berbanding lurus dengan tingkat kemajuan dalam pemberian pengalaman (Mitchell, 1997). Jadi dapat disimpulkan bahwa algoritma dapat dikategorikan sebagai *machine learning* apabila memiliki tiga aspek yaitu:

- 1) Terdapat tugas yang harus dilaksanakan
- 2) Ukuran kinerja atau performa dalam setiap pelaksanaan tugasnya (*training*)
- 3) Pengalaman yang didapat pada setiap proses *training*

Machine learning diimplementasikan sebagai algoritma pembelajaran yang menghasilkan model machine learning. Fungsi utama dari algoritma pembelajaran adalah untuk memilih model *machine learning*(hipotesis). Cara terbaik untuk melakukan tugas tertentu dari ruang hipotesis. Pemilihan model terbaik dilakukan melalui proses pembelajaran (*training*) untuk mendapatkan pengalaman pelatihan yang diukur dengan metrik tertentu (Yaya Heryadi dan Teguh 2020, 57).

2.2. Implementasi Metode Penelitian

2.2.1. Fokus penelitian

Pada tahap awal penelitian adalah merumuskan masalah, karena penelitian ditujukan untuk menyelesaikan masalah dengan cara sistematis, menggunakan konsep 5W+1H, melihat fenomena yang terjadi saat ini kemudian dilanjutkan dengan studi literatur menggunakan *Systematic Review/Systematic Literature Review* (SLR). Dalam studi kasus terdapat dua metode *review* yaitu secara Systematic maupun *Unsystematic*. Beberapa hal yang membedakan SLR dengan *review* Tradisional adalah SLR menggunakan cara untuk meminimalkan kesalahan pada kesimpulan bisa menghasilkan kebiasaan pada hasil studi utama atau dalam proses Review itu sendiri. (T. Dybå dan T. Dingsøyr, 2008).

Proses *review* yang akan dilakukan menggunakan konsep *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* atau PRISMA. Menurut Moher, David (2009) pada jurnalnya, PRISMA merupakan pengembangan dari konsep *review* studi kasus sebelumnya yaitu QUOROM (QUality Of Reporting Of Meta-analyses) yang dimana pada QUOROM terdapat kekurangan dalam konsep seperti:

1. Proses *review* dilakukan secara iterative atau berulang

Pada konsep *review* QUOROM pada pengulas sangat bergantung pada kualitas dan cakupan dari sumber yang dicantumkannya. Hal ini tentu mempengaruhi kualitas dan keabsahan penelitian. PRISMA memungkinkan para pengulas studi kasus dapat memberikan masukan atau memodifikasi sumber aslinya dan menyesuaikan dengan penelitian tertentu.

2. Konsep antara menyelsaikan dengan melaporkan riset merupakan hal yang berbeda

Terdapat perbedaan kecil dalam konsep dalam penggunaan konsep Systematic Review. Tinjauan sistematis lebih mudah dalam mengevaluasi laporan penelitian individu, untuk melaporkan dan melakukan tinjauan sistematis walaupun pada dasarnya saling terkait.

3. Studi menggunakan QUOROM beresiko dalam menghasilkan bias

Untuk studi yang termasuk dalam tinjauan sistematis, penilaian menyeluruh dari risiko bias membutuhkan penilaian melibatkan

evaluasi reliabilitas dan validitas data untuk setiap hasil penting dengan menentukan metode yang digunakan untuk menilai mereka dalam setiap studi individu.

4. Dibutuhkan pelaporan atas adanya kemungkinan bias dalam penulisan studi kasus

Adanya kemungkinan bias dalam pelaporan studi kasus yang dapat menghambat pelaksanaan dan interpretasi Systematic review. Meskipun implikasi dari bias ini pada perilaku dan Systematic review sendiri tidak jelas, beberapa penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi bahwa pelaporan hasil selektif dapat terjadi juga dalam konteks tinjauan sistematis.

Terdapat 27 daftar periksa yang bisa diikuti sebagai rujukan dalam pelaksanaan studi kasus menggunakan metode PRISMA. Tujuan dari PRISMA adalah untuk mendukung penulis dalam meningkatkan tinjauan sistematis dan pelaporan meta-analisis. Meskipun berfokus pada uji coba secara acak, PRISMA juga dapat digunakan sebagai dasar untuk melaporkan tinjauan sistematis dari jenis penelitian lain, terutama penilaian intervensi. PRISMA juga membantu dalam penilaian kritis dari tinjauan sistematis yang diterbitkan. Namun, Daftar Periksa PRISMA bukanlah alat penilaian kualitas untuk mengukur.

2.2.2. Implementasian Metode Penelitian PRISMA

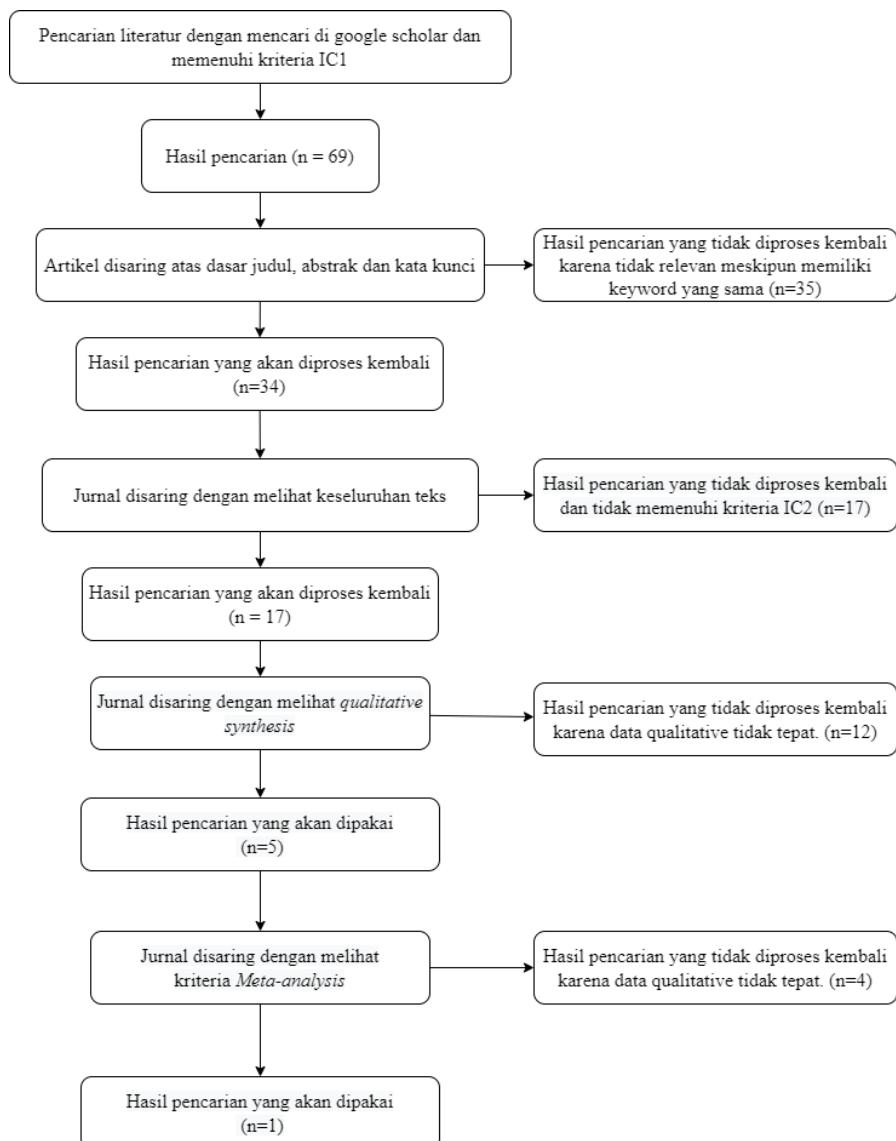
A. Prosedur metode PRISMA

Dalam melakukan metode penelitian PRISMA diperlukan menyeleksi jurnal maupun artikel yang berhubungan dengan topik skripsi dimulai dari menyeleksi berdasarkan pencarian literatur kemudian disaring atas dasar judul, abstrak dan kata kunci setelah itu disaring dengan melihat keseluruhan teks kemudian disaring dengan data kualitatif akhirnya akan akan disaring dengan data kuantitatif dan memperhatikan aturan kelayakan literatur dengan menggunakan kriteria inklusi yaitu:

- IC1: artikel harus merupakan riset asli yang telah dikaji dan dituliskan dalam bahasa inggris

- IC2: artikel memiliki tujuan untuk menyelidiki faktor yang mempengaruhi niat pengguna dalam menggunakan atau penggunaan aktual aplikasi.

Proses prosedur metode PRISMA digambarkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.2.1 Proses metode penelitian PRISMA

Berdasarkan hasil penelusuran jurnal pada Google scholar dengan kata kunci “object recognition”, “esp32-cam”, “object recognition with speaker using tensorflow”, dan “esp32 microcontroller” serta mengikuti kriteria inklusi IC1 yaitu artikel merupakan riset asli yang telah dikaji dan ditulis dalam bahasa inggris menunjukkan bahwa terdapat 69 jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini. Langkah berikutnya adalah peninjauan abstrak yaitu meninjau

dengan melihat abstraksi dari penelitian dari jurnal tersebut. Setelah meninjau abstrak dari 69 jurnal yang dipilih, sebanyak 35 jurnal tidak dipilih karena tidak relevan dengan penelitian yang kami buat meskipun mempunyai keyword yang sama sehingga sebanyak 34 jurnal dipilih lagi untuk proses berikutnya yaitu tinjauan fulltext yaitu peninjauan dengan membaca seluruh teks.

Peninjauan dengan dengan cara fulltext melihat dari kriteria inklusi IC2 yaitu peninjauan dengan memperhatikan artikel memiliki tujuan untuk menyelidiki faktor yang mempengaruhi niat pengguna dalam menggunakan actual aplikasi sehingga dari 34 artikel terdapat 17 jurnal dikeluarkan dan 17 jurnal dipilih untuk dianalisis kembali dengan cara menseleksi qualitative synthesis. Dengan peninjauan qualitative synthesis untuk mendapatkan data bersifat kualitatif dari jurnal yang terpilih sehingga dari 17 jurnal tersebut 12 jurnal tidak dilanjutkan karena data kualitatif cukup berbeda dengan penelitian ini dan 5 jurnal diseleksi kembali menggunakan meta-analysis. Metode ini menyeleksi berdasarkan melakukan sintesa hasil dari data – data bersifat secara statistik. Berdasarkan seleksi tahap ini hanya satu yang memenuhi syarat sehingga penelitian ini digunakan untuk dijadikan referensi dan penyelesaian dalam penelitian ini.

Hasil dari proses PRISMA adalah didapatkannya jurnal yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian dalam proses pembuatan prototipe dan penelitian ini. Jurnal yang menjadi acuan adalah jurnal yang berjudul “*Smart Hat for the blind with Real-Time Object Detection using Raspberry Pi and TensorFlow Lite*” karya Konaite, M, dkk. (2021).

B. Hasil kajian dari jurnal acuan peneltian sejenis

Pada penelitian yang dibuat oleh Konaite, M, dkk. (2021) yang berjudul “*Smart Hat for the blind with Real-Time Object Detection using Raspberry Pi and TensorFlow Lite*” berhasil membuat alat bantu Tunanetra berbasis *Machine Learning* dan pendektsian objek yang ditanam pada rangkaian komputer tertanam (*embedded system*). Pada penelitian ini digunakan *single board computer* untuk menjalankan program pendektsian objek yang dapat mengenali objek disekitar untuk membantu Tunanetra dalam mengenali objek disekitarnya melalui suara hasil dari pendektsian objek tersebut.

Penelitian ini menggunakan komponen *single board computer* berupa Raspberry Pi 4 sebagai perangkat utama dalam pemrosesan kemampuan pendekripsi objek. Pendekripsi objek pada penelitian ini menggunakan kamera untuk mengangkap gambar secara *realtime*. Penelitian ini memiliki kemampuan *machine learning* yang menggunakan prinsip *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN adalah operasi matematis linear dalam mereplikasi cara kerja yang mirip dengan saraf otak manusia (neuron). CNN biasa digunakan sebagai strategi dalam membuat system pengenalan objek dan juga *computer vision* (Dhillon, A., dan Verma, G. K., 2019). Pendekripsi objek pada penelitian ini menghasilkan keluaran berupa suara objek yang dikenali oleh *machine learning*.

2.2.3. *Research Question PRISMA*

1. Apa kendala disabilitas tunanetra dalam mobilitas sehari-hari?

Kemampuan dalam kebebasan mobilitas merupakan hak yang sangat kerusial bagi siapapun tidak terkecuali penyandang Tunanetra. Kemampuan mobilitas ini merupakan kemampuan dasar sebagai penunjang yang mendukung kegiatan sehari-harinya dan dapat mempengaruhi kemandirian sehingga dapat meminimalisir bantuan dari orang sekitarnya (Sidik, dkk., 2020).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sidik, dkk (2020) Tunanetra merasa terbantu dengan adanya fasilitas aksesibilitas di tempat umum seperti *Guilding Block* dan *Braille Index*. Akan tetapi pada penelitian tersebut para Tunanetra mengalami bahwa tidak semua tempat memiliki fasilitas aksesibilitas tersebut. Padahal terdapat standar pembangunan fasilitas public untuk memenuhi semua hak orang tidak terkecuali Tunanetra seperti Peraturan Menteri Pekerjaan Umum PRT/M/No. 30 Th 2006, PRT/M/No. 14 Th 2017, dan Manual Desain Bangunan Aksesibel (SAPPK ITB) (Sativa dan Bactiar, 2020).

2. Apa kriteria alat yang dapat membantu tunanetra dalam mobilitas nya?

Kemampuan mobilitas penyandang tunanetra sangat tergantung dari kondisi lingkungan sekitarnya yang kadang cukup menantang. Di

lingkungan yang tidak dikenal dapat menjadi tantangan nyata bagi penyandang tunanetra (Kiruba, dkk., 2018). Saat ini, tongkat yang digunakan oleh tunanetra dianggap tidak mampu mengenali benda-benda yang ditemukan di jalan yang kadang menemukan kendala seperti jika terdapat halangan bergerak seperti kendaraan dan hewan (Johnson,dkk, 2017; Sahoo, dkk., 2019).

Alat bantu tunanetra biasanya dapat menggunakan beberapa Teknik diantaranya berjalan dengan pendampingan awas, tongkat, anjing penuntun (*dog guide*), dan alat bantu elektronik (Sunanto, 2005:121). Beberapa alat bantu tunanetra seperti yang terdapat pada penelitian Andreas dan Wendanto (2017) yang berupa alat navigasi berbasis sensor ultrasonic berbentuk tongkat dengan sebuah sensor di bagian tengahnya. Ataupun alat yang dibuat oleh Sahoo (2019) yang merupakan tongkat dilengkapi dengan modul *Global Position System* (GPS), aplikasi berbasis android dan *buzzer*. Kiruba (2018) juga membuat tongkat yang mirip dengan sensor dan *buzzer*.

Berdasarkan pencatatan tersebut, alat-alat tersebut memanfaatkan kecanggihan teknologi yang salah satunya berupa perangkat tertanam (*embedded system*) yang dilengkapi dengan modul-modul. Penelitian diatas membuktikan bahwa implementasi teknologi dapat mempermudah mobilitas tunanetra dan dianggap efektif untuk orientasi mobilitas tunanetra

3. Bagaimana implementasi *embedded system* sebagai alat bantu mobilitas tunanetra?

Proses implementasi pada *embedded system* menggunakan penggambaran desain system sebagai solusi dari pemecahan masalah. Berdasarkan hasil ulasan dari poin sebelumnya, cara yang dianggap paling efisien dalam membuat alat bantu tunanetra ada dengan membuat system tertanam atau *embedded system*. Menurut penelitian yang sudah dibuat yang diulas pada poin sebelumnya, penggunaan *embedded system* sebagai solusi mobilitas tunanetra akan tetapi kebutuhan mobilitas tunanetra yang tinggi dan cukup kompleks karena sensitive terhadap lingkungan sekitar seperti kondisi *terrain*, membedakan tanda-tanda fitur jalan seperti tanda

menyebrang, lampu lalu lintas, dan objek tertentu yang berpotensi berbahaya (Yang, dkk., 2018).

Memahami kebutuhan tersebut, pada penelitiannya Yang (2018) menambahkan fitur pengenal objek sebagai tambahan pada perangkat *embedded system* nya menggunakan konsep *machine learning* yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN).

4. Metode deteksi objek apa yang cocok untuk diterapkan sebagai alat Tunanetra?

Terdapat beberapa metode atau algoritma pengenalan objek yang dapat digunakan sebagai alat bantu tunanetra. Pada penelitian dari Yang (2018) yang sudah diulas pada poin sebelumnya, menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dikarenakan kebutuhan pada fitur seperti pengenalan objek pada *terrain* dan *terrain awareness*. CNN memiliki banyak dataset untuk objek tersebut.

Pada penelitian yang dibuat Fuady dan Anggraeni (2020), alat bantu tunanetra dibuat menggunakan metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) yang masih bagian dari *Convolutional Neural Network* (CNN) yang alat tersebut diimplementasi didalam *embedded system* yang ringkas dan juga memiliki dataset yang bervariasi. Alat difungsikan sebagai alat pengenal objek sekitar bagi tunanetra.

Lain hal nya dengan penelitian yang dilakukan oleh Konaite, dkk (2021) yang membuat topi pintar menggunakan deteksi objek secara *realtime* yang menggunakan metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) yang focus pada akurasi, kecepatan dan kemudahan dalam *training*. SSD dianggap sebagai metode deteksi objek berbasis *machine learning* yang memiliki akurasi dan kecepatan yang cukup baik disbanding metode serupa lainnya (Wei,dkk., 2016)

Menurut Wei, dkk (2016) saat metode SSD dilakukan uji coba menggunakan dataset COCO yang menguji kecepatan dan akurasi dari beberapa metode serupa

Table 2.2.1 Tabel test metode-metode deteksi objek

Metode	mAP (tingkat keakurasi)	FPS	Test batch size	# Boxes

Faster R-CNN [2] (VGG16)	73.2	7	1	300
Faster R-CNN [2] (ZF)	62.1	17	1	300
YOLO [5]	63.4	45	1	98
Fast YOLO [5]	52.7	155	1	98
SSD300	74.3	46	1	8732
SSD512	76.8	19	1	24564
SSD300	74.3	59	8	8732
SSD512	76.8	22	8	24564

Baik metode SSD300 dan SSD512 mengungguli Faster R-CNN dalam kecepatan dan akurasi. Meskipun Fast YOLO dapat berjalan pada 155 FPS, akurasinya lebih rendah hampir 22% mAP. SSD300 adalah metode real-time pertama yang mencapai di atas 70% mAP. Bahwa sekitar 80% dari waktu penerusan dihabiskan di jaringan dasar . Oleh karena itu, menggunakan jaringan dasar yang lebih cepat dapat lebih meningkatkan kecepatan, membuat model SSD512 juga real-time.

2.3.Komponen yang Digunakan

1. ESP32-CAM



Gambar 2.3.1 ESP32-CAM

Berdasarkan *datasheet* Modul ESP32-CAM merupakan modul ESP32 yang hanya saja terdapat camera built-in dan didukung dengan *Wi-Fi* dan Bluetooth dengan spesifikasi WiFi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2 BR/EDR dan BLE (*Bluetooth Low Energy*) standard. ESP32-CAM merupakan salah satu perangkat *Internet of Things* dengan menggunakan ESP-32S sebagai modul yang kuat untuk menangani perekaman gambar dan suara bahkan siaran langsung serta mampu menggunakan daya yang rendah dan murah. Meskipun memiliki lebih sedikit pin dibanding ESP32 pada umumnya dikarenakan pin yang ada banyak digunakan secara internal untuk menjalankan fungsi kamera dan fungsi slot kartu microSD. ESP32-CAM dirilis oleh Espressif System (2016). Berikut spesifikasi yang terdapat di ESP32-CAM :

Tabel 2.3.1 Tabel spesifikasi ESP32-Cam (Espressif System, 2016)

Nama Module	ESP32-CAM
Ukuran	27*40.5*4.5 (± 0.2) mm
SPI FFlash	Default 32Mbit
RAM	520KB SRAM + 4M PSRAM
Bluetooth	Bluetooth 4.2 BR/EDR dan BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) standard
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Support Interface	UART, SPI, I2C, PWM

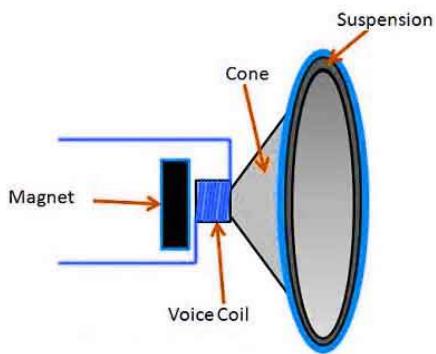
Support TF card	Maximum support 4G
I/O Port	9
UART Baudrate	Default 115200 bps
Image Output Format	JPEG (OV2640 support only), BMP, GRAYSCALE
Spectrum Range	2412 ~ 2484 MHz
Antenna	Onboard PCB antenna, gain 2dBi
Transmit Power	802.11b: 17 ± 2 dBm (@11Mbps) 802.11g: 14 ± 2 dBm (@54Mbps) 802.11n: 13 ± 2 dBm (@MCS7)
Power Supply Range	5V
weight	10g
Security	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS

2. Speaker/Earphone



Gambar 2.3.2 Speaker\

Menurut Suyanto (2013) Speaker adalah perangkat elektronika yang terbuat dari logam dan memiliki membran, kumparan, serta magnet sebagai bagian yang saling melengkapi. Tanpa adanya membran, sebuah speaker tidak akan mengeluarkan bunyi, demikian juga sebaliknya. Fungsi tiap bagian pada speaker saling terkait satu sama lain. Speaker adalah transduser yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi frekuensi audio dengan menghasilkan suara melalui menggetarkan membran yang menghasilkan gelombang suara. Pada projek ini speaker berfungsi menyuarakan objek yang terdapat di sd card sesuai objek yang dikenali dari kamera.



Gambar 2.3.3 Rangkaian speaker

Pada gambar 2.2.3 speaker memiliki beberapa komponen yang terdiri *magnet*, *cone*, *suspension* dan *voice coil* dengan fungsinya masing – masing. Disaat speaker mengubah sinyal listrik menjadi suara terdapat *voice coil* untuk menjalankan magnet sehingga *cone* dapat bergerak seperti membran. Disaat Sinyal listrik yang melewati *voice coil* akan membuat medan magnet berubah dengan cepat sehingga terjadi getaran maju mundur pada *cone* speaker.

3. ESP32 DevKitC V4

Berdasarkan *datasheet* ESP32 merupakan *microcontroller* dengan harga murah dan berdaya rendah yang dibuat oleh Espressif System. ESP32 menggunakan Tensilica Xtensa LX6 sebagai CPU dari mikrokontroller ini. ESP32 juga merupakan modul yang didukung dengan *Wi-Fi* dan Bluetooth serta beroperasi pada frekuensi 240 MHz dan pada tegangan 3.3 dan 5V. ESP32 memiliki total pin 39, memlili SRAM sebesar 520 KB, dan beragam komunikasi berupa SPI, I2C, I2S, CAN, dan UART.



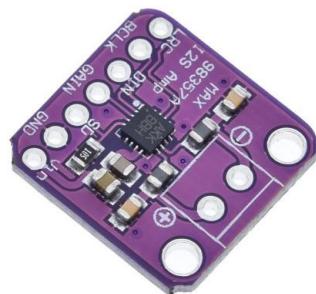
Gambar 2.3.4 ESP32 DevKitC V4

Spesifikasi pada mikrokontroller ini menggunakan WiFi dengan IEE 802.11 b/g/n serta menggunakan Bluetooth v4.2 BR/EDR dan Bluetooth Low Energy. Menggunakan CPU Xtensa single/dual core 32-bit LX6 microprocessor. Memiliki memori 448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM di RTC.

Memiliki pin *General Purpose Input Output Interface* (GPIO) sebanyak 34 yang dapat digunakan untuk bermacam – macam kebutuhan sesuai program yang sedang dikembangkan dan memiliki fungsi tersendiri di setiap pin . ESP32 terintegrasi 12-bit SAR ADCs dan didukung 18 channels (*analog enable pins*). Serta terdapat 2 pin DAC yang bisa digunakan untuk mengubah 2 sinyal digital ke 2 sinyal analog.

ESp32 juga mendukung I2S yang bisa di operasikan dengan mode *master* atau *slave* dan bisa di konfigurasi untuk di operasikan dengan resolusi 8-/16-/32-/48-/64-bit sebagai input atau output channel. Frekuensi *Bit Clock* atau jam bit (BCK) dari 10 kHz sampai 40 MHz.

4. MAX98357A



Gambar 2.3.5 MAX98357A

Berdasarkan *datasheet* MAX98357A adalah alat yang mudah digunakan, dengan harga murah, input digital *pulse-code modulation* (PCM) penguat Kelas D yang memberikan kinerja audio Kelas AB terdepan di industri dengan efisiensi Kelas D. Antarmuka audio digital secara otomatis mengenali hingga 35 PCM dan TDM yang berbeda skema pencatatan jam kerja yang menghilangkan kebutuhan akan pemrograman I2C. Mendukung 8 channel *time division multiplexed* (TDM). Antarmuka digital audio menerima *sample rate* antara 8KHz dan 96KHz untuk semua format data.

MAX98357A menerima data I2S standar melalui pin DIN, BCLK, dan LRCLK. Dapat menerima 16-bit dan 32-bit TDM data sampai 8 slot. Antarmuka digital audio menghapuskan akan kebutuhan dari sinyal eksternal MCLK yang membutuhkan transmisi data I2S.

MAX98357A mengikuti standar I2S dengan memperbolehkan jeda pada satu siklus BCLK setelah transisi LRCLK sebelum memulainya data kata baru. LRCLK hanya mendukung 8kHz, 16kHz, 32kHz, 44.1kHz, 48kHz, 88.2kHz, and 96kHz frequencies. LRCLK tidak mendukung pada *clocks* 11.025kHz, 12kHz, 22.05kHz and 24kHz. Jangan cabut LRCLK saat BCLK tercolok karena akan menyebabkan kejadian yang diluar dugaan serta memberikan tegangan DC yang tinggi.

2. Arduino IDE

IDE singkatan dari “*Integrated Development Environment*” Arduino IDE merupakan sebuah software yang dikenalkan oleh Arduino.cc yang digunakan untuk mengedit, kompilasi, dan mengunggah code ke dalam perangkat Arduino. Hampir semua modul Arduino cocok dengan software ini yang merupakan *open source* dan siap pakai. Arduino IDE menggunakan system C++ dalam operasikannya ke dalam modul Arduino dan memiliki banyak *library* internal maupun eksternal yang dapat digunakan sesuai board yang sedang di kembangkan.

3. MicroSD Card Adapter Module



Gambar 2.3.6 MicroSD Card Adapter Module

Menurut *datasheet* MicroSD adapter ini dapat digunakan untuk membaca dan memasukan data yang ada pada kartu MicroSD dengan melalui cara modul *Micro SD Card* berkomunikasi dengan ESP32 dengan menggunakan *Serial Peripheral Interface* (SPI), SPI yang dimaksud adalah pin pada modul MicroSD yaitu pin MOSI, MISO, dan SCK yang ditandai dengan nama *chip select* (CS) yang masing – masing terhubung ke ESP32. Fungsi pada pin tersebut adalah sebagai *bus* dari SPI sedangkan CS sebagai chip untuk memilih sinyal.

Adapter ini dapat beroperasi pada tegangan minimal 4.5V sampai 5.5V dan koneksi pin dengan tegangan 3.3V sampai 5V. kartu microSD yang didukung pada adapter ini adalah kartu dengan kapasitas penyimpanan 2GB sampai 32GB.

4. MicroSD Card

Berdasarkan *datasheet* kartu *microSD* SanDisk adalah memori non-



Gambar 2.3.7 Micro SD Card

volatile berbasis *flash* yang dirancang khusus keamanan, daya tahan, kapasitas, dan kinerja. Kartu *microSD* memiliki 8 pin yang beroperasi dalam frekuensi maksimum 104 MHz. antarmuka kartu SD membuat integrasi menjadi mudah ke dalam desain apa pun, apa pun jenis mikroprosesor yang digunakan. Kartu *microSD* SanDisk menawarkan protocol komunikasi alternatif dengan standar SPI dan dirancang khusus dalam penyimpanan massal aplikasi. Kartu *microSD* juga memberikan protokol cerdas untuk mengelola antarmuka protokol baik dari algoritma keamanan untuk perlindungan konten, penyimpanan dan pengambilan data, serta algoritma untuk menangani error yaitu *Error Correction Code* (ECC).

5. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer kecil *single board computer* dengan ukuran seperti kartu kredit. Meskipun begitu Raspberry Pi berfungsi seperti layaknya sebuah computer pada umumnya, menggunakan SoC (*System on chip*) ARM dan diintegrasikan dengan PCB. Raspberry Pi menggunakan kartu SD sebagai tempat penyimpanan utama sekaligus dimana OS dari Raspberry Pi itu berada. (Bambang Yuwono, dkk. 2015: Vol. 12, No. 02).

Terdapat dua model dari Raspberry Pi yaitu model A dan B. Perbedaan dari kedua model terletak pada penyimpanan yang digunakan. Pada model A menggunakan penyimpanan RAM sebesar 256 MB sedangkan model B menggunakan penyimpanan 512 MB. Selain memiliki penyimpanan yang lebih besar model B dilengkap ethernet port yang tidak dimiliki oleh model A. Sistem operasi yang sering digunakan pada umumnya Raspberry Pi

adalah Raspbian namun sistem operasi lain seperti Microsoft Windos 10, Android, Debian GNU/Linux dll. Raspberry Pi perangkat kecil yang mampu yang memungkinkan orang - orang dari segala usia untuk melakukan komputasi, dan belajar bagaimana memprogram dalam bahasa seperti Scratch dan Python. Raspberry mampu melakukan semua yang diharapkan dari sebuah komputer desktop pada umumnya, mulai dari menjelajah internet dan memutar video definisi tinggi, hingga membuat spreadsheet, pengolah kata, dan bermain gim.

6. Raspberry Pi 4 model B



Gambar 2.3.8 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 model B adalah produk keluaran terbaru dan yang paling populer dari semua seri Raspberry Pi. Berdasarkan *datasheet* Raspberry Pi ini Memiliki kemampuan untuk meningkatkan kecepatan prosesor, performa untuk melakukan multimedia, penyimpanan, dan koneksi yang luar biasa dibandingkan dengan generasi sebelumnya terutama Raspberry Pi 3 model B+, neskipun keduanya memiliki kompatibilitas dan daya konsumsi yang mirip.

Fitur pada Raspberry Pi ini memiliki performa prosesor yang tinggi 64-bit quad-core, dapat melakukan dual-display dengan resolusi 4K menggunakan micro-HDMI ports, memiliki pilihan RAM dari 1GB sampai 8 GB, dual-band 2.4/5.0 GHz wireless LAN, Bluetooth 5.0, decode video perangkat keras hingga 4Kp60, Gigabit ethernet, USB 3.0, dan kapabilitas *power over ethernet* (PoE) (Raspberry pi.org, 2019)

Tabel 2.3.2 Tabel spesifikasi Raspberry Pi 4 Model B ((Raspberry pi.org, 2019)

Prosesor	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Penyimpanan	1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4 (tergantung pada model) dengan on-die ECC
Konektivitas	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports
General pin input output (GPIO)	Standard 40-pin GPIO header
Video dan sound	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
Kartu SD	Slot kartu micro SD untuk memuat sistem operasi dan sebagai penyimpanan data
Daya masuk	5V DC via USB-C connector (minimum 3A ¹) 5V DC via GPIO header (minimum 3A ¹) Power over Ethernet (PoE)-enabled (membutuhkan PoE HAT terpisah)
Suhu	Suhu pengoperasian 0 – 50°C

7. Power Bank



Gambar 2.3.9 Power Bank

Power Bank digunakan untuk menyediakan daya portabel untuk mengisi daya item bertenaga baterai seperti ponsel dan item serupa lainnya yang memiliki antarmuka USB, dan dapat mengisi daya melalui USB, dll atau secara nirkabel. *Power Bank*, dapat didefinisikan sebagai baterai portabel yang menggunakan sirkuit untuk mengontrol daya masuk dan daya keluar. *Power Bank* dapat diisi menggunakan pengisi daya USB saat daya tersedia, dan kemudian digunakan untuk mengisi daya sebuah baterai dari barang seperti ponsel dan sejumlah perangkat lain yang biasanya menggunakan pengisi daya USB.

2.4. Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)

UART adalah komunikasi serial asinkron. Dalam komunikasi asinkron bit awal dikirim sebelum bit data. Bit ini menunjukkan awal aliran data antar dua ujung komunikasi, komunikasi yang dimaksud adalah pihak penerima dan pihak yang menerima data. Seiring dengan data, bit paritas dapat ditransmisikan yang akan mengkonfirmasi bahwa data telah ditransmisikan dengan benar melalui saluran. Kemudian, setelah mengirimkan data dan bit paritas, akan menyalakan *stop bit* yang menunjukkan akhir dari transmisi data.

UART juga termasuk rangkaian fisik mikrokontroller dan *integrated circuit* (IC) untuk melakukan komunikasi antar mikrokontroller. UART dapat mengubah paralel ke serial jika terdapat data yang dikirim dari computer dan sebaliknya

serial ke paralel sebagai data yang melalui lini serial. UART juga memiliki buffer untuk menyimpan data untuk sementara dari transmisi kecepatan tinggi (Chinmay, 2014)

2.5. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) digambarkan sebagai sebuah kumpulan perangkat yang terhubung ke perangkat lain pada jaringan internet. perangkat yang dimaksud terdiri dari *things* yang bertugas untuk merekam data pada sebuah lingkungan atau objek. IoT terbagi menjadi beberapa layer yaitu layer infrastruktur, layer *network*, layer *middleware*, dan layer aplikasi.

IoT middleware adalah salah satu layer penting pada IoT. Dengan keterbatasan sumber daya memungkinkan node sensor tidak memiliki fungsi atau akses untuk terhubung langsung ke internet. Selain itu, beberapa perangkat yang tidak bekerja di atas protokol TCP/IP otomatis tidak dapat berkomunikasi secara langsung dengan perangkat yang ada di internet. Hal ini bisa menjadi kendala dalam pengiriman data dari node sensor ke aplikasi IoT yang ada pada internet. Selain keterbatasan sumber daya, keberagaman sensor dari segi teknologi komunikasi menjadikan tantangan tersendiri, yaitu interoperabilitas. Solusi dari permasalahan itu dengan pendekatan middleware sebagai jembatan antara infrastruktur IoT dan aplikasi IoT (Razzaque dkk., 2016).

middleware didefinisikan sebagai berikut:

1) Service Based Middleware

sebuah *middleware* yang dikategorikan dengan fungsi utama untuk pengelolaan data dari sensor dengan dilengkapi fungsi pemrosesan data. Fungsi kedua yaitu melayani permintaan data atau hasil pemrosesan data dari aplikasi yang lain.

2) Cloud-Based Middleware

middleware ini memiliki kinerja yang tinggi dan tepat jika diterapkan pada infrastruktur *cloud*. Umumnya komunikasi yang digunakan adalah berbasis web service RESTful dengan method POST untuk kirim data dan GET untuk meminta data

3) Actor-Based Middleware

jenis ini dirancang agar lebih dekat dengan infrastruktur IoT, yaitu perangkat - perangkat sensor, dan bahkan ke pengguna aplikasi IoT. konsep

middleare ini dirancang untuk menjawab keterbatasan yang ada pada *things*. Media dan protokol komunikasi pada *middleware* ini terdapat dua jenis, satu untuk berinteraksi dengan perangkat - perangkat sensor atau node sensor pada intranet yang kedua untuk interaksi dengan perangkat IoT yang ada pada internet (terraSwarm, 2017)

2.6. Inter-IC Sound (I2S)

I2S merupakan standar antarmuka bus serial yang dikembangkan oleh Phillips Semiconductor yang digunakan untuk transmisi digital antara dua IC. I2S merupakan bus sinkron dengan tiga jalur serial antara lain SCK, WS, dan SD. Saat pemancar dan penerima memiliki kesamaan *clock* yang sama untuk transmisi data, pemancar berperan sebagai master harus menghasilkan bit *clock*, sinyal pemilihan kata dan data.

I2S memiliki 3 sinyal utama atau 3 kabel yaitu :

- 1) *Serial Clock* (SCK) atau juga bisa disebut *Bit Clock Line* (BCLK). Setiap bit data audio digital SCLK memiliki satu pulsa.
- 2) *Left-Rifght-Clock* (LRCLK) atau disebut juga *Word Select* (WS) dan *Frame Select* (FS). Sinyal ini digunakan untuk mengalihkan data dari saluran kiri dan kanan. Jika salurannya bernilai “0” maka data dari saluran kanan sedang dikirim sedangkan jika bernilai “1” maka data saluran kiri sedang dikirim. Frekeunsi LRCK sama seperti frekuensi sampling.
- 3) *Serial Data* (SD) tempat data akan ditransmisikan.

I2S juga bisa digunakan untuk mengirim pra-rekaman file audio dari mikrokontroller ke *amplifier* atau bisa disebut sebagai *Digital to Analog Converter* (DAC). Selain itu bisa digunakan untuk mendigitalkan audio dari mikrofon. I2S tidak memiliki protocol kompresi sehingga tidak dapat memutar file audio berformat MP3, OGG, dan file audio format lainnya kecuali audio dengan format WAV.

2.7. Unified Modeling Language (UML)

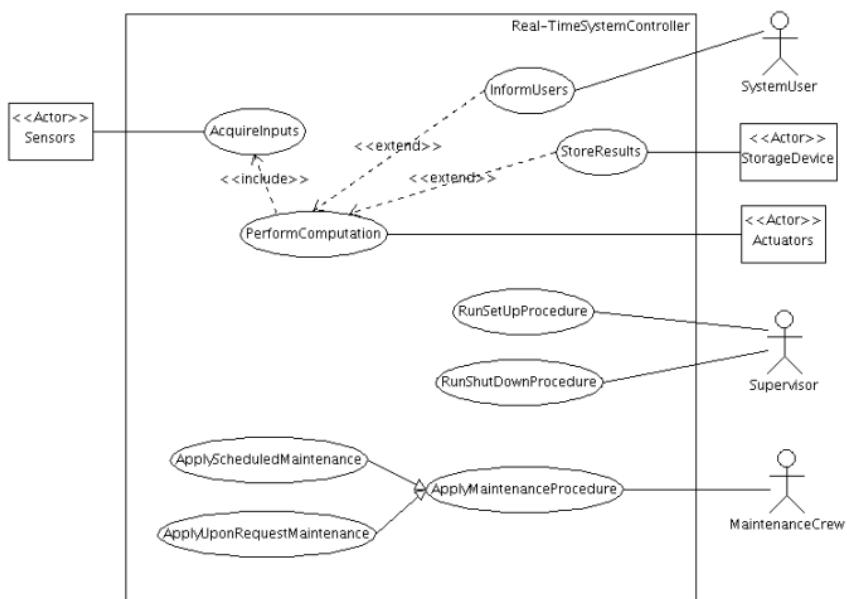
UML merupakan bahasa *visual modeling* untuk melakukan pemodelan, penggambaran desain dan menggambarkan detil implementasi. Grady Booch, Jim Rumbaugh, dan Ivars Jacobson dikenal sebagai “three Amigos” di *Rational Software Corp.* mempelopori perkembangan UML pada pertengahan 1990.

Distandarisasi oleh *Object Management Group* (OMG) pada tahun 1997, UML dijadikan standar *de facto* dan *de jure* dalam pengembangan perangkat lunak. Karena dengan keserbagunannya yang memungkinkan penggunaanya sebagai bahasa *general-purpose* dalam memvisualisasikan, membuat, menentukan, dan mendokumentasikan komponen dari sistem perangkat lunak. Dalam praktik industri UML telah digunakan terutama untuk pemahaman masalah analisis dan dokumentasi. Terdapat beberapa jenis UML antara lain sebagai berikut

1. Use-Case Diagram

Diagram use-case menunjukkan fungsionalitas yang disediakan sistem.

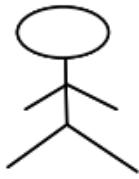
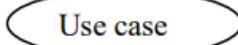
Tujuan utama diagram use-case adalah untuk membantu tim pengembangan dalam memvisualisasikan kebutuhan fungsional sistem, termasuk interaksi antara "aktor"—atau orang—yang akan berinteraksi dengan sistem dan proses utama serta hubungan antara berbagai penggunaan use case (Kumar, 2003). Sama hal nya seperti yang dideskripsikan oleh Jacobson (1992) bahwa Use Case menggunakan Aktor dan use case. Kedua hal tersebut mendefinisikan apa yang terjadi di luar sistem (aktor) dan apa yang harus dilakukan sistem itu sendiri (Use Case).



Gambar 2.7.1 Contoh Use-Case Diagram (Aquino, dkk, 2020)

Hal yang perlu diperhatikan dalam mementukan diagram Use-case struktur diagram use case mengarah pada dekomposisi fungsional dan pengenalan fungsi tingkat rendah yang tidak memberikan nilai kepada actor (Holt dan Perry, 2008; Aquino, dkk., 2020).

Tabel 2.7.1 Penjelasan simbol dan fungsi Use Case Diagram (Aleryani, 2016)

Notasi	Fungsi	Bentuk atau Simbol
Aktor	Seseorang atau sekelompok orang di luar sistem berperan dalam satu atau lebih yang interaksi dengan sistem, mewakili asal dan kemana jalannya informasi	
Use case	Menunjukkan fungsional dari sistem	
Asosiasi	Mewakili hubungan antara use case dan aktor	
Batas Sistem	Menentukan batas sistem	

Use-case diagram terdiri dari 4 simbol utama, antara lain (Aleryani, 2016):

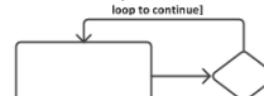
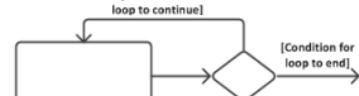
- 1) Aktor adalah seseorang, sekelompok orang, organisasi, atau sistem eksternal yang berperan dalam satu atau lebih interaksi dengan sistem. Selain itu dapat berupa jaringan, alat komunikasi, komputer, atau program lain pada komputer yang sama. Itu diwakili oleh sosok tongkat.
- 2) Use case
Menggambarkan urutan tindakan. Tindakan tersebut harus memberikan nilai yang terukur bagi seorang aktor. Ini diwakili oleh elips horizontal.
- 3) Asosiasi: interaksi yang dijelaskan oleh use case. Ini diwakili oleh garis yang menghubungkan antara use case dan aktor dengan panah opsional di salah satu ujung garis. Panah dalam diagram use case digunakan untuk menunjukkan arah pemanggilan awal hubungan atau untuk menunjukkan aktor utama
- 4) Batas sistem: adalah persegi panjang di sekitar use case, yang dalam batas ini adalah fungsionalitas dalam ruang lingkup dari sistem

2. Activity Diagram

Activity diagram adalah salah satu model diagram yang menggunakan *Quality insurance* berbasis *Control flow* yang penting direpresentasikan didalam model tes (Beizer, 1990; Binder, 2009). Diagram aktivitas menunjukkan bagaimana alur proses kontrol antara dua atau lebih objek kelas saat proses jalannya system berlangsung (Beizer, 1990).

Visualisasi Activity diagram dijabarkan dalam table berikut (Geambaşu, 2012)

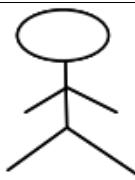
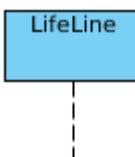
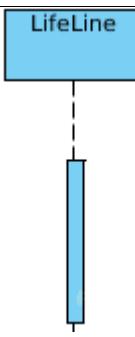
Tabel 2.7.2 Visualisasi simbol penulisan Activity Diagram

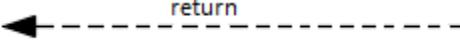
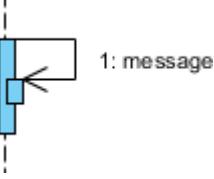
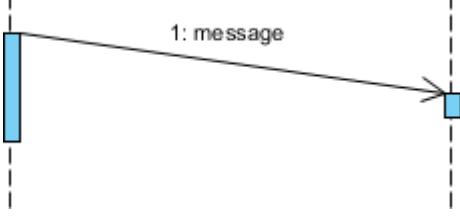
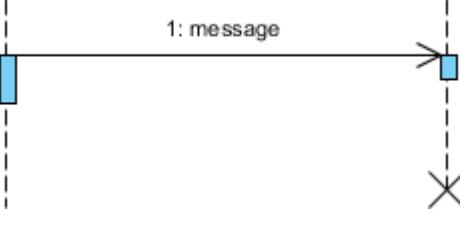
Notasi	Fungsi	Bentuk atau Simbol	
Swimlane	Peserta dari alur system atau proses bisnis		
Initial dan Final node	Titik awal dan titik akhir dari suatu proses	 Initial node	 Final node
Action Node	Kegiatan yang dilakukan oleh elemen diagram		
Time event	Terjadinya tanggal yang menghasilkan kinerja suatu aktivitas		
Join node	Sinkronkan (gabungkan) aliran paralel		
Activity edge	Aliran elemen		
Object node	Representasi objek dan data		
Action node, decision node dan activity edges	Aktivitas yang berulang secara berurutan	 	

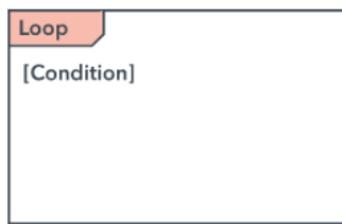
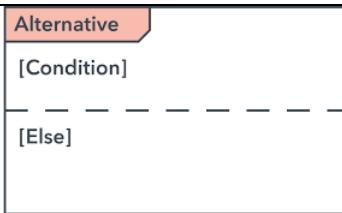
3. Sequence Diagram

Sequence Diagram memodelkan aspek kegiatan atau perilaku dari sebuah sistem. Diagram ini disebut juga sebagai diagram peristiwa yang memproyeksikan bagaimana objek melakukan interaksi satu sama lain dan bertukar pesan dengan objek dan memberi tahu kapan pesan dikirim serta mampu memberikan informasi jika terjadi kesalahan baik dari interaksi, jalur pesan, dan kesalahan dalam loop.

Tabel 2.7.3 Visualisasi simbol dan fungsi Sequence diagram

Notasi	Fungsi	Bentuk atau Simbol
Aktor	Tipe notasi yang dapat melakukan interaksi dengan subjek seperti menginput data, menerima hasil, dll.	
Lifeline	Mempresentasikan sebuah individu yang berpartisipasi yang dapat berinteraksi	
Activation	Menunjukkan sebuah elemen sedang dalam melakukan operasi dalam jangka waktu tertentu	
Call Message	Call Message adalah jenis pesan yang mewakili permintaan dari sebuah operasi menuju objek.	

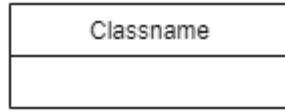
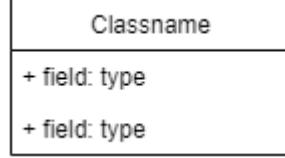
Return Message	Return Message adalah jenis pesan yang mewakili penyampaian informasi kembali ke pemanggil dari pesan sebelumnya.	
Self Message	Self Message adalah jenis pesan yang mewakili permintaan pesan dari lifeline yang sama.	
Recursive Message	Recursive Message memiliki kemiripan dengan self message namun, targetnya menunjuk ke aktivasi pada awal aktivasi tempat pesan dipanggil.	
Duration Message	Duration Message menunjukkan jarak antara dua instan waktu untuk pemanggilan pesan.	
Destroy Message	Destroy message adalah jenis pesan yang mewakili permintaan untuk menghancurkan lifeline.	

Loop Symbol	Digunakan pada saat terdapat skenario atau kejadian yang menjalankan perintah loop pada kondisi tertentu	
Alternative Symbol	Menunjukkan sebuah kondisi pilihan antara 2 pesan yang akan dijalankan	

4. Class Diagram

Class Diagram di desain untuk menampilkan dengan jelas bagaimana struktur statis suatu sistem dengan pemodelan objek dan hubungan antar objek. Struktur dari Class Diagram dapat dikategorikan menjadi dua aspek yaitu *intra-structure* dan *inter-structure*. *intra-structure* mengacu pada komposisi dari masing – masing kelas, sedangkan *inter-structure* direpresentasikan sebagai hubungan antar kelas. Class Diagram digunakan untuk memodelkan struktur statis suatu sistem, yang terdiri dari kelas-kelas dan hubungan antar kelas. Menjadi representasi abstrak dari sekumpulan objek dengan properti yang sama.

Tabel 2.7.4 Visualisasi simbol dan fungsi Class diagram

Notasi	Fungsi	Bentuk atau Simbol
Class Name	Nama kelas pada partisi pertama	
Class Atribute	Atribut menunjukkan salah satu bagian anggota dari nama kelas	

Class Method	Method menunjukkan apa yang bisa dilakukan oleh Class	<table border="1"> <tr><td>Classname</td></tr> <tr><td>+ field: type</td></tr> <tr><td>+ method(type): type</td></tr> </table>	Classname	+ field: type	+ method(type): type
Classname					
+ field: type					
+ method(type): type					
Class Visibility	Simbol +, - dan # sebelum nama atribut menunjukkan visibilitas atribut dan operasi.	<table border="1"> <tr><td>Classname</td></tr> <tr><td>+ field: type</td></tr> <tr><td>- field: type</td></tr> </table>	Classname	+ field: type	- field: type
Classname					
+ field: type					
- field: type					
Asosiasi	Ada hubungan antara kelas yang satu dengan kelas berikutnya				
Inheritance	Kelas 1 dan kelas 2 adalah turunan dari SuperClass.	→			
Dependency	Objek dari satu kelas mungkin menggunakan objek dari kelas lain	-----►			
Aggregation	Menunjukkan hubungan “bagian dari”	◊-----			
Composition	Menunjukkan hubungan dua kelas merupakan satu kesatuan.	◆-----			

2.8. Python

Python adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan, akhir – akhir ini. Filosofinya di desain untuk menekankan kode bacaan dan sintaksnya membuat pemrogram untuk mengekspresikan konsep dalam baris kode yang lebih sedikit daripada yang dilakukan pada bahasa C. konstruksi bahasa membuat pengguna menulis program mudah di mengerti dan jelas dalam skala kecil maupun besar. Fitur terpenting dalam python adalah didukung dengan paradigma pemrograman fungsional, pemrograman procedural, dan pemrograman orientasi objek. Python mendukung sistem tipe dinamis dan manajemen memori otomatis dan memiliki *library* standar yang komprehensif.

2.9. HTML dan JavaScript

HTML dan javascript merupakan system pemrograman yang terkenal dalam dunia programmer. HTML singkatan dari “*Hyper Text Markup Language*” merupakan Bahasa yang digunakan untuk membuat dokumen yang terdiri dari teks ASCII termasuk *embedded tag* untuk menginstruksikan *mosaic* dan browser cara melakukan format pada teks, tautan dan sumber lainnya dan menampilkan multimedia. HTML termasuk yang bukan *case sensitive* nama tag tidak harus dalam huruf besar. “http” merupakan singkatan dari “*HyperText Transfer Protocol*”. Yang mendefinisikan sebuah tautan dari *World Wide Web*.

sedangkan JavaScript merupakan bahasa pemrograman web karena Sebagian besar HTML menggunakan JavaScript untuk membuat halam HTML menjadi responsif. JavaScript mengendalikan dan mengubah konten dari web browser, program JS juga dapat memanipulasi konten dengan memuat dokumen dan elemen. JavaScript dapat meningkatkan penggunaan web seperti membuat animasi, memutar video atau audio dan validasi input.

2.10. Digital to Analog Converter (DAC)

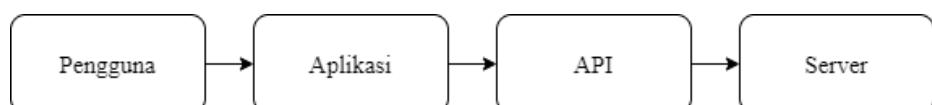
DAC adalah komponen *ubiquitous* yang ada di setiap sistem akuisi berbasis data dan sirkuit sinyal. DAC adalah tautan dari antara sinyal digital dan transduser analog dunia nyata. DAC berperan mampu mengubah sinyal digital ke sinyal analog yang kontinu. Sinyal digital merupakan sinyal yang memiliki nilai biner yaitu 0 dan 1 dan mengubahnya menjadi sinyal analog dalam bentuk tegangan atau arus listrik. Alasan mengubah sinyal digital ke sinyal analog adalah telinga

manusia tidak dapat mendengar sinyal digital yang berbentuk biner sehingga perlu mengubahnya ke sinyal analog sehingga dapat menggetarkan speaker berdasarkan intensitas sinyal analog yang diterima untuk menghasilkan suara, kemudian gelombang suara masuk ke telinga dan memberikan getaran kepada syaraf pada telinga kemudian diteruskan diterjemahkan oleh otak.

Cara kerja dari DAC adalah mengubah format digital yang berasal dari computer maupun elektronik lain kemudian mengubahnya ke bentuk sinyal analog berupa tegangan yang dapat membuat speaker memberikan getaran dan menghasilkan gelombang suara sehingga sinyal analog dapat mewakili sinyal digital yang didapat. Dissat membuat audio DAC membuat gelombang seperti anak tangga yang bentuknya seperti lompatan kecil disetiap pembacaan digital. Dengan demikian DAC mengubah lompatan tersebut ke dalam bentuk pembacaan analog menggunakan interpolasi. Intepolasi ini adalah metode untuk melihat dua titik bersebelahan pada gelombang anak tangga dan menentukan nilai di antaranya.

2.11. Application Programming Interface (API)

API memberikan layanan atau menyediakan data oleh aplikasi perangkat lunak dengan menggunakan metode, objek dan URI (Stylos, Faulring, Yang, dan Myers, 2009). Dengan sebuah perangkat terhubung dengan sumber daya dan jika aplikasi lain memiliki akses maka akan dapat mengakses data tanpa mengimplementasikan objek dan prosedur. API sangat penting bagi arsitektur perangkat lunak karena menyediakan abstraksi, mendukung desain distribusi dan modular aplikasi perangkat lunak serta penggunaan kembali kode apabila akan digunakan lagi(Robillard, 2009).



Gambar 2.11.1 Proses fungsi API

API sering digunakan untuk mengakses aplikasi dari sebuah layanan ataupun mengambil sebuah data dari program yang berbeda. Dengan API pengembang dapat dengan mudah melakukan atau memakai fungsi yang sudah

ada tanpa membuatnya dari awal. Manfaat dari menggunakan API adalah mengurangi beban server yang dikarenakan developer hanya menyimpan Sebagian data yang diperlukan pada server, sehingga developer hanya meminta data saja dari server asal. Kemudian membuat suatu aplikasi lebih fungsional ini dikarenakan API dapat memasukkan informasi tanpa mengetik manual. Terakhir API memudahkan aplikasi lebih efisien yang membuat developer tidak perlu menghubungkan dua aplikasi yang berbeda secara manual.

2.12. Tensorflow Lite API dan Tensorflow JS

1. Tensorflow Lite API

TensorFlow Lite adalah *framework deep learning open-source* yang dirancang untuk perangkat dengan sumber daya terbatas seperti modul ESP 32 dan Raspberry Pi serta peralatan perangkat seluler. TensorFlow Lite memungkinkan model TensorFlow berjalan di perangkat *mobile*, tersemat (*embedeed*), dan IoT. Ini memungkinkan implementasi *machine learning* di perangkat dengan latensi rendah dan ukuran biner kecil. Hasilnya, latensi ditingkatkan dan konsumsi daya berkurang.

2. Tensorflow JS

TensorFlow.js adalah *library* untuk membuat dan menjalankan algoritme *machine learning* dalam JavaScript. Model TensorFlow.js berjalan di browser web dan lingkungan Node.js. *Library* ini adalah bagian dari ekosistem TensorFlow dan menyediakan satu set API yang kompatibel dengan yang ada di Python, memungkinkan model menjadi portabel antara ekosistem Python dan JavaScript. TensorFlow.js memungkinkan tim pengembang baru dari komunitas JavaScript untuk membangun dan menerapkan model *machine learning* dan memungkinkan *library* baru untuk komputasi di perangkat (Smilkov, dkk., 2019).

2.13. Algoritma Machine Learning Single Shot Multibox Detector (SSD)

Single Shot Multibox Detector (SSD) adalah metode dalam pendekripsi objek secara *realtime* pada gambar berbasis model *convolution neural network* yang menerapkan kumpulan kotak pembatas dan skor untuk keberadaan *instance* kelas objek di kotak tersebut. Setiap satu set kotak

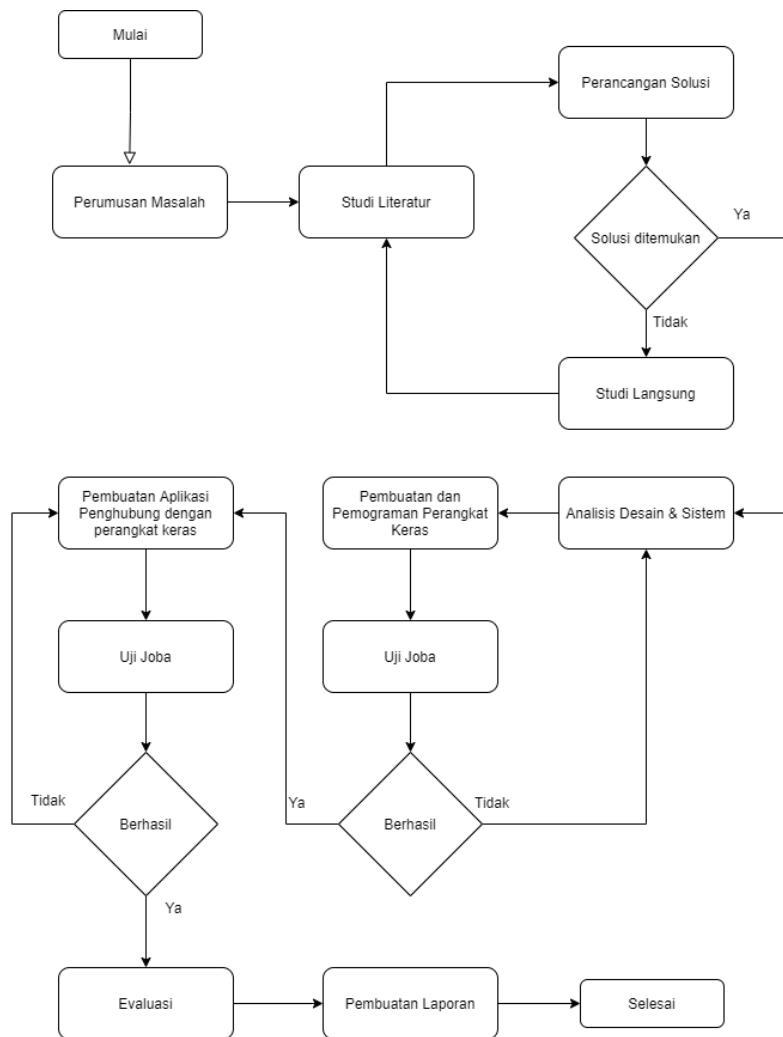
pembatas default berkaitan dengan setiap sel peta fitur, untuk beberapa peta fitur di bagian atas jaringan. Kotak tersebut memetakan peta fitur secara konvolusi (Liu, dkk., 2016).

Algoritma Single-Shot MultiBox Detector (SSD) termasuk dalam *One-Step Framework*, juga dikenal sebagai *Regression* atau *Classification Based Framework*, sama seperti YOLO atau RetinaNet. Dengan *Framework* seperti itu, ada pemetaan eksplisit antara nilai piksel, koordinat kotak pembatas, dan probabilitas kelas, tidak seperti *Region Proposal-Based Frameworks*, misalnya, Faster- RCNN. Oleh karena itu, dibandingkan dengan *Faster RCNN* dan kategori arsitektur yang sama, SSD memiliki waktu inferensi yang lebih rendah hingga mencapai kinerja nyata oleh karena itu SSD memiliki keunggulan dalam segi kecepatan dan akurasi dibanding algoritma lain seperti *YOLO* atau *Faster R-CNN* (Magalhães, dkk., 2021; Kumar, dkk., 2020). Algoritma SSD dapat menggunakan berbagai macam dataset dan juga *library pre-trained* yang dapat mempersingkat proses pelatihan *machine learning*.

BAB 3 METODE PELAKSANAAN

3.1.Kerangka Berpikir

Penelitian ini dibuat secara bertahap sesuai urutannya yang digambarkan pada diagram berikut



Gambar 3.1.1 Diagram Kerangka Berpikir

3.1.1. Metode Perumusan Masalah dan Perancangan solusi

Pada tahap ini dilaksanakan dengan melakukan identifikasi terhadap permasalahan dalam mempermudah penyandang disabilitas Tunanetra untuk kesulitan untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Menurut Tarsidi, D. (2011)

pada jurnalnya tentang Kendala umum yang dihadapi penyandang disabilitas pada mengakses fasilitas public

diantaranya sebagai berikut: kurangnya petunjuk arah, tanda-tanda petunjuk taktual (dapat diraba) untuk membedakan, dan rintangan-rintangan kecil seperti jendela yang membuka ke luar atau papan reklame yang dipasang di tempat pejalan kaki. Selain itu, studi secara langsung dan wawancara kepada penyandang distabilitas untuk menentukan rancangan solusi. Ada beberapa tahap di dalam metode Perumusan Masalah dan Perancangan solusi, antara lain:

a) Tahap Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan untuk mengumpulkan daftar Pustaka, mencatat, ataupun mengolah bahan penelitian (Zed, 2008:3). Penulis melakukan studi literatur untuk mencari jawaban dari permasalahan yang ada. Studi literatur yang dilakukan penulis terdiri dari mencari rancangan penyelesaian permasalahan dengan melakukan analisis dan identifikasi pada sejumlah teori-teori yang relevan, melakukan riset dan desain untuk penyelesaian masalah, dan pengimplementasian dari solusi masalah.

b) Tahap Analisis Desain dan Sistem

Dengan selesainya perumusan masalah dan terkumpulnya literatur, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis desain dan sistem untuk melakukan awal pengimplementasian dari rancangan solusi. Analisis yang dilakukan berupa membuat diagram alir maupun wireframe dan juga blok diagram sistem untuk perancangan arsitektur microcontroller.

3.1.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data diperlukan untuk mendapatkan suatu informasi atau kesimpulan yang dibutuhkan didalam penelitian dan pembuatan riset. Dalam penggerjaan Tugas Akhir ini, data yang dikumpulkan penulis dapat berupa:

a) Data Teknis

Data teknis yang dibutuhkan dalam penggerjaan tugas akhir ini adalah data yang mayoritas diperlukan untuk melatih Machine Learning untuk mengenali objek dan rintangan. Selain itu, data teknis juga

dapat berupa data-data sensor dari perangkat yang digunakan untuk menganalisis kinerja dari alat.

b) Data Non-Teknis

Data Non-Teknis yang digunakan berupa data yang dikumpulkan oleh penulis yang berasal dari textbook, journal, artikel ilmiah, maupun literatur review yang dapat berguna untuk pengerjaan Tugas Akhir ini. Selain itu data non-teknis ini juga dapat dikumpulkan melalui hasil dari studi, wawancara, maupun survei.

3.1.3. Metode Analisis Data

Data yang sudah dikumpulkan melalui Studi Literatur, wawancara, maupun Studi secara langsung melalui survei perlu dianalisis yang akan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan tugas akhir ini. Mayoritas data akan digunakan oleh perangkat untuk melatih dalam pengenalan objek.

3.1.4. *Data Mining*

Data Mining adalah proses yang menggunakan Teknik statistic, matematika, kecerdasan buatan, dan machine learning untuk mengekstraksi informasi yang dapat bermanfaat (Anggraeni, H. D., Saputra, R., dan Noranita, B., 2014).

3.1.5. Metode pengembangan Aplikasi atau Interface

Alat ini menggunakan modul camera yang dipasang kedalam mikrokontroller. Agar perangkat mikrokontroller dapat berkomunikasi dengan *intelligence system*, dibuat *Application Programming Interface* (API) yang dapat menghasilkan IP address untuk menghubungkannya ke internet kemudian menggunakan API untuk berkomunikasi dengan python dan dari kamera tersebut dikirim ke speaker untuk memberitahu ke tunanetra.

3.1.6. Metode Perancangan perangkat atau Prototipe

Metode yang akan digunakan dalam pembuatan sistem ini adalah metode *prototype*. Metode *prototype* salah satu metode siklus hidup sistem yang didasarkan pada konsep model bekerja (working model). Adapun tujuan metode prototype adalah mengembangkan model menjadi sistem final. Sehingga sistem ini akan dikembangkan dengan cepat dan biayanya menjadi lebih rendah. Metode Prototype sering disebut juga desain aplikasi cepat *Rapid Application Design* (RAD) karena sederhana dan cepat desain sistem (O'Brien, 2005). Tahapan pembuatan perangkat, antara lain sebagai berikut:

1. Pengumpulan Komponen

Pada tahapan ini komponen akan di analisa secara detail baik darisegi perangkat yang dibutuhkan dan apa yang dibutuhkan oleh para tunantetra sebagai ekspektasi dari alat ini. Untuk mengetahui kebutuhan tunanetra akan dilakukan interview sebagaimana para tunanetra menginginkan alat ini bekerja, selain itu untuk mengetahui kebutuhan perangkat dapat diketahui dari keinginan tunantetra serta menganalisa yang memungkinkan alat ini bekerja sesuai fungsinya.

2. Membangun Prototipe

Tahap ini akan dibuatkan prototipe dari data yang sudah dikumpulkan dari tahap pengumpulan data dan akan dicoba kelayakannya sebelum di gunakan oleh tunantetra.

3. Evaluasi Prototipe

Pada tahap ini prototipe akan dinilai, dikoreksi, dan di test untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari prototipe serta menerima saran dan kritik dari tunanetra sebagai bentuk kebutuhan dari tunanetra itu sendiri.

4. Memprogram Perangkat

Pada tahap ini merupakan proses koding, koding di framework yang sudah sesuai dengan kebutuhan dan mengimplementasikannya dari data yang dikumpulkan.

3.1.7. Metode pengujian Sistem

Metode pengujian sistesm termasuk perangkat prototipe dan intelligence system dilakukan dengan menguji perangkat dengan scenario sehari-hari yang dialami oleh User.

1) Evaluasi sistem

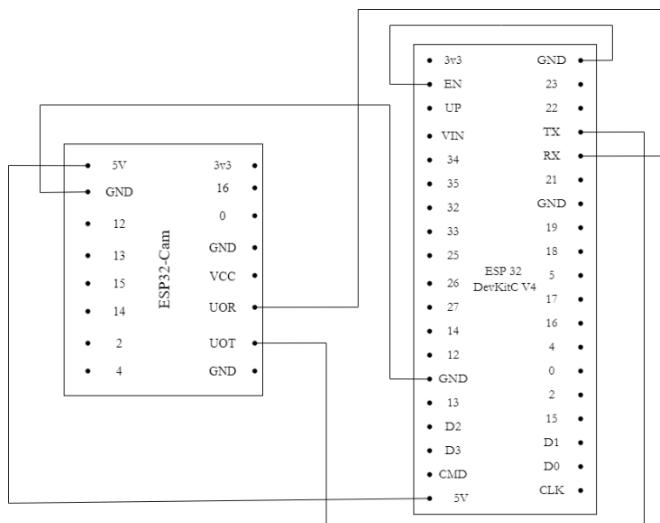
Mengevaluasi semua langkah yang sudah dilakukan untuk mengecek dan merevisi kembali jika ada kekurangan dan sudah sesuai kebutuhan, Apabila banyak kesalahan dan kekurangan maka kembali lagi pada tahap 1 atau 2.

2) Menggunakan Produk

Produk sudah siap digunakan dan siap diberikan kepada orang tunanetra dan akan terus di maintenance agar system terjaga dan berfungsi sebagai mana semestinya.

3.2. Perancangan perangkat keras

3.2.1. Skematik Rangkaian Kamera



Gambar 3.2.1 Skematik Rangkaian Kamera

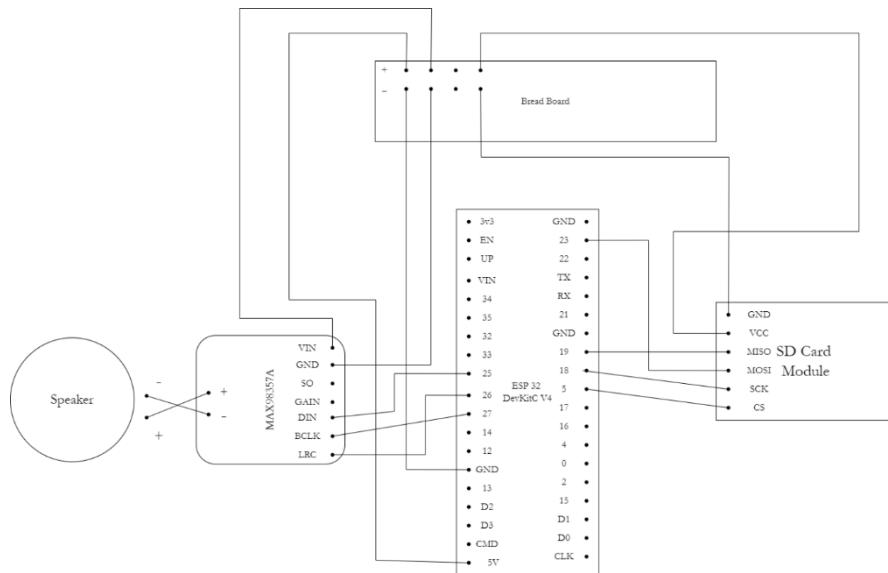
Pada gambar 3.2 merupakan skematik dari kamera ESP32-Cam yang terhubung dengan mikrokontroller ESP32 DevKitC V4 Board. Terlihat pada gambar pin – pin yang terhubung oleh 2 mikrokontroller untuk saling berkomunikasi melalui pin RX dan TX terhubung dengan pin UOR dan UOT komunikasi ini disebut dengan UART. RX berfungsi menerima data yang diterima oleh TX sedangkan TX berfungsi untuk mengirim data. Pin EN dan GND disambungkan memiliki arti untuk mematikan tombol *reset* pada ESP32 Board sehingga tombol *reset* yang digunakan hanya yang terpasang di ESP32-Cam

Disaat melakukan *upload* code perlu diperhatikan bahwa perlu menyambungkan pin GPIO 0 dengan GND agar masuk ke dalam mode flash tanpa melakukan ini tidak akan bisa melakukan program kepada ESP32-Cam. Setelah di program lepas kabel jumper dari kedua pin lalu tekan tombol reset untuk menjalankan kamera.

ESP32-Cam merupakan perangkat IoT maka dapat terhubung dengan internet, dalam program perlu di pasangkan jaringan yang ingin dipakai kemudian akan terhubung dengan sendirinya dan mengeluarkan IP Address untuk melihat hasil yang sudah di program. Pada program yang dibuat kami menggunakan HTML dan JavaScript untuk melihat hasil yang ditampilkan

pada halaman user dengan mengakses melalui IP Address yang diberikan oleh ESP32-Cam.

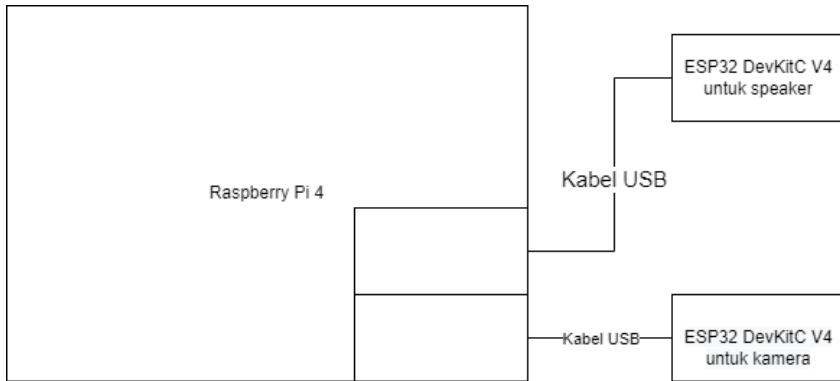
3.2.2. Skematik Rangkaian Speaker



Gambar 3.2.2 Skematik Rangkain Speaker

Pada gambar 3.3 terdapat ESP32 DevKitC V4 Board yang terhubung dengan perangkat lain yaitu modul SD Card, amplifier (MAX98357), breadboard dan speaker. Masing – masing modul terhubung dengan pinnya sesuai dengan fungsi pin tersebut. Untuk breadboard hanya digunakan penghantar daya dari ESP32 Board untuk semua modul yang terhubung. Sedangkan amplifier terhubung dengan pin yang memiliki fungsi Digital to Analog Converter dikarenakan speaker hanya dapat menerima sinyal analog untuk memberikan getaran pada speaker dan menghasilkan suara sedangkan data – data yang berkomunikasi melalui sinyal digital. kemudian SD card Module terhubung pada pin yang berkomunikasi dengan ESP32 dan menyimpan data suara berformat .wav hasil dari rekaman suara yang disimpan di kartu Micro SD dan akan membunyikan suara tersebut melalui speaker. Pada speaker terhubung dengan terminal positif dan negatif dari I2S amplifier.

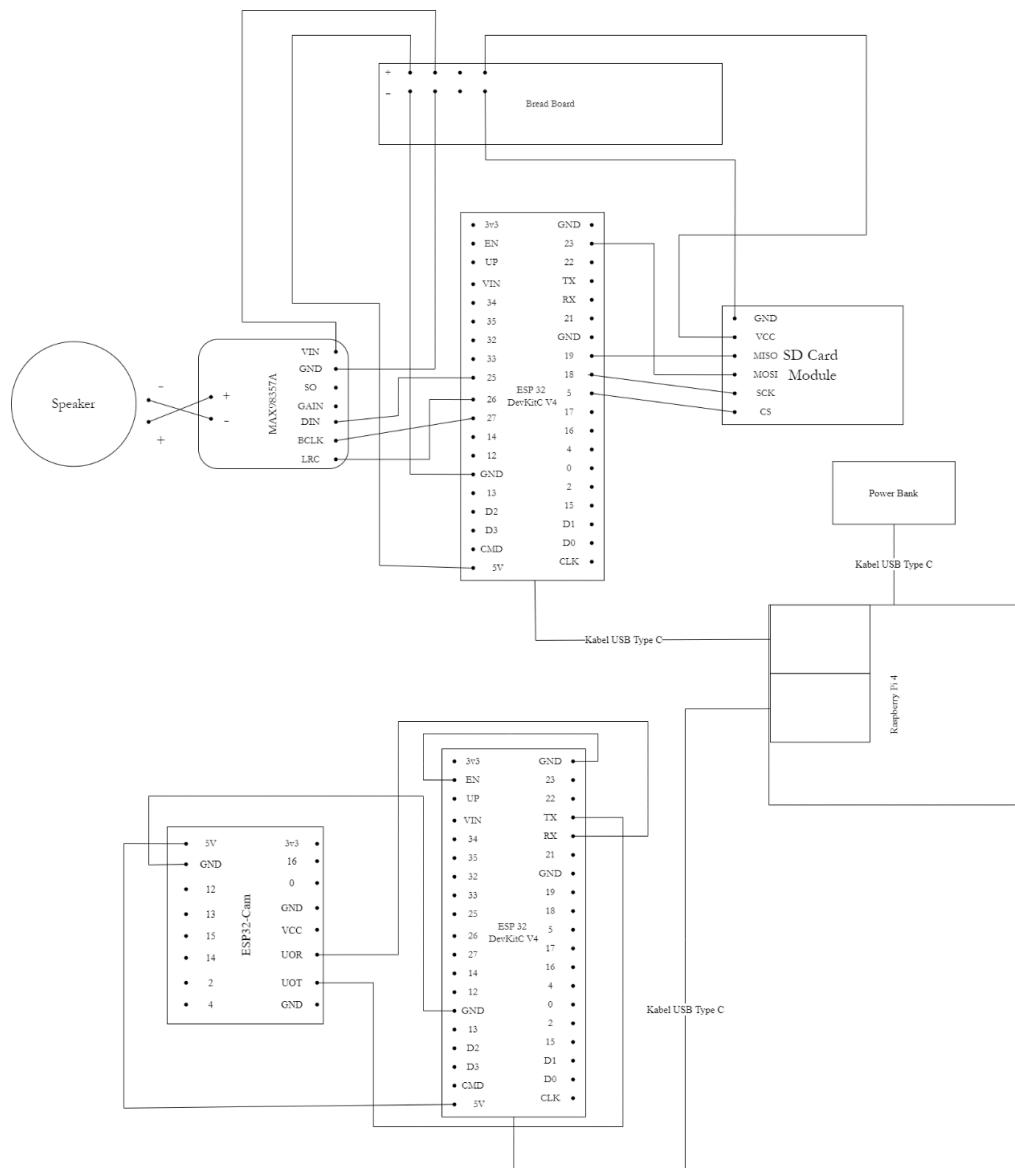
3.2.3. Skematik Rangkaian Raspberry Dengan Skematik Speaker dan Kamera



Gambar 3.2.3 Skematik Raspberry terhubung dengan ESP32 via serial dengan kabel USB

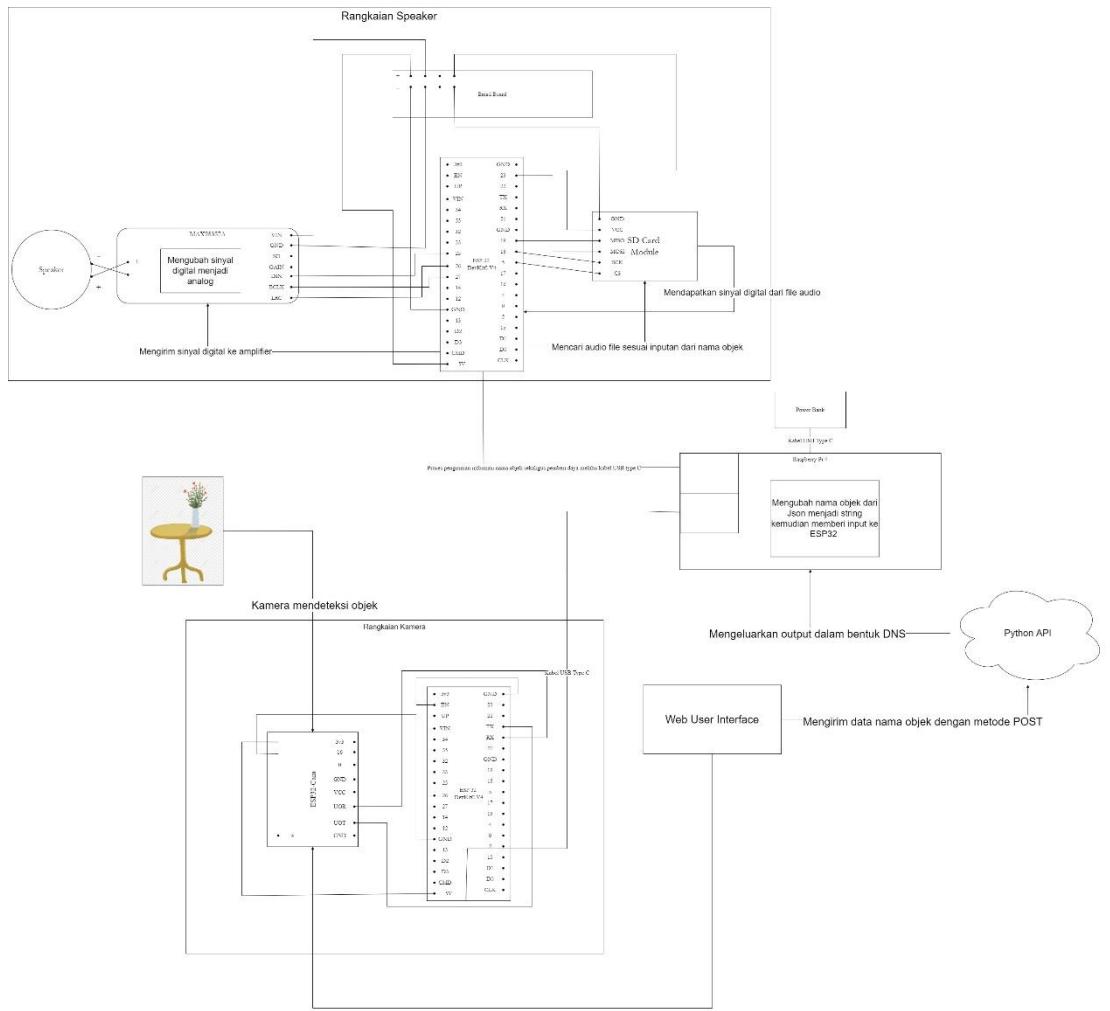
Raspberry terhubung dengan dua ESP32 Board melalui kabel USB. Bagi pengontrol kamera hanya sebagai pemberi power kepada mikrokontroller dan kamera sedangkan bagi speaker juga pemberi power sekaligus terjadi komunikasi serial antara python yang dijalankan di raspberry ke ESP32 yang menjalankan speaker dikarenakan disaat kamera menangkap objek, objek yang dikenali akan di kirim datanya melalui local API yang dibuat di python yang sedang berjalan di raspberry kemudian data tersebut akan memberi input kepada microcontroller untuk menyurakan suara yang sesuai dengan input dari python dengan demikian pengguna mengetahui objek apa yang sedang ada di hadapannya dan melakukan reaksi sesuai objek yang diberitahu.

3.2.4. Skematik rangkaian secara keseluruhan



Gambar 3.2.4 Skematik rangkaian keseluruhan dari prototipe

Berikut gambaran keseluruhan dari prototipe yang dirancang. Masing – masing dari ESP32 Devkit board tersambung dengan Raspberry Pi 4 melalui kabel USB type C untuk mendapatkan daya dari raspberry Pi dan Raspberry Pi mendapatkan daya dari power bank. Masing - masing mikrokontroler menjalankan fungsinya masing – masing sesuai yang sudah di program dan Raspberry Pi bekerja sebagai server yang akan menerima informasi dari kamera dan mengirimnya ke speaker.

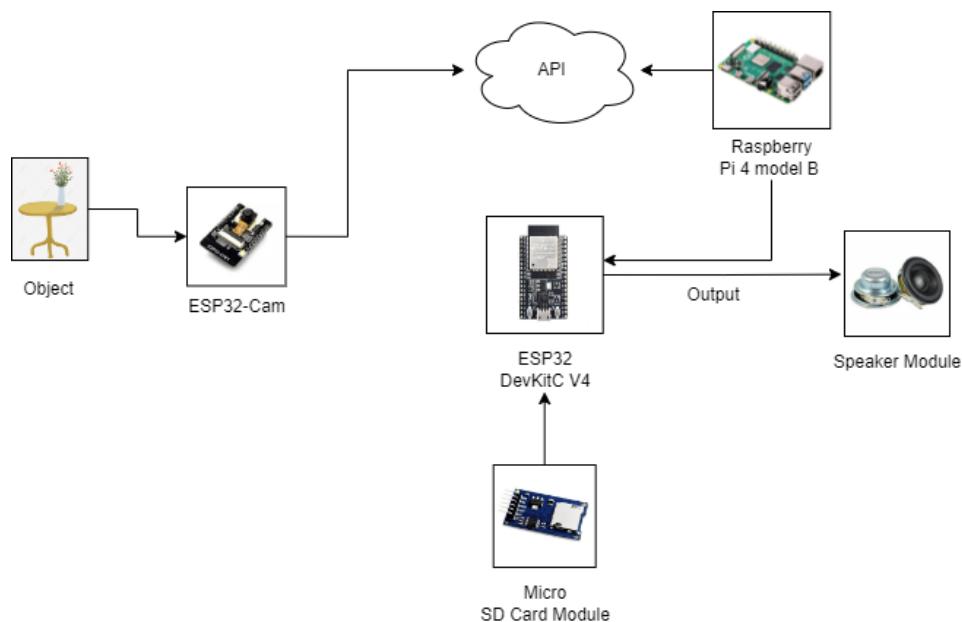


Gambar 3.2.5 Skematic Arsitektur keseluruhan sistem prototipe

Dari sisi kamera akan menangkap objek kemudian mengambil nama objek tersebut lalu mengirimnya ke server melalui API, server akan menerima hasil kiriman dari kamera dan mengirim nama objek tersebut menuju speaker. Di sisi speaker ESP32 DevkitC board akan menerima inputan dari server yang berisikan nama objek kemudian ESP32 board akan membaca file audio di dalam kartu microSD yang berisikan suara rekaman dari objek yang akan dikenali namanya, kemudian ESP32 mendapatkan sinyal digital dari audio file tersebut dan mengirimkannya ke amplifier untuk diubah ke analog supaya speaker dapat memberikan suara hasil dari file audio tersebut.

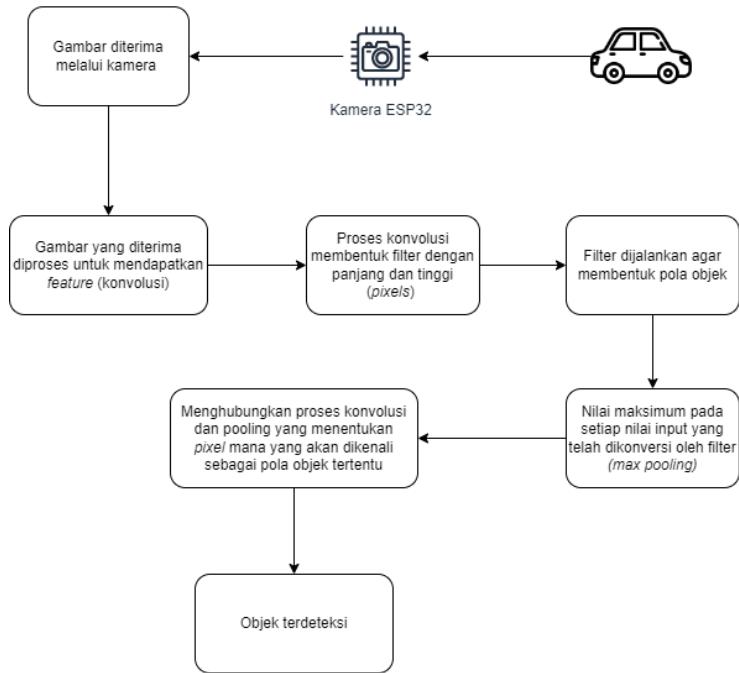
3.3. Proses *Machine Learning* (ML) untuk Identifikasi Objek

Pada penelitian ini, proses *machine learning* untuk mengenali objek yang ada disekitar pengguna melalui model *machine learning* yang dipasang pada mikrokontroller. Objek ini dapat mendeteksi benda atau objek yang berpotensi berbahaya maupun tidak yang dapat memberi gambaran kepada user penderita Tunanetra akan situasi di sekelilingnya. Berikut diagram alir proses machine learning dalam mengenali objek.



Gambar 3.3.1 Diagram alir proses kerja system menggunakan machine learning

Proses pembuatan machine learning pada penelitian ini menggunakan metode yang disebut Single Shot MultiBox Detector (SSD). SSD adalah sebuah metode untuk mengenali atau mendeteksi sebuah object pada suatu gambar dengan menggunakan single deep neural network dan salah satu algoritma deteksi object yang paling populer karena kemudahan implementasi, serta akurasi yang baik relatif terhadap komputasi yang dibutuhkan (Liu, dkk 2016, 21-37). SSD juga memungkinkan untuk mendeteksi objek secara realtime yang sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan penelitian ini.



Gambar 3.3.2 Cara kerja model Single Shot Multibox Detector

Metode Single Shot MultiBox Detector (SSD) dipilih untuk memenuhi beberapa kriteria dalam pembuatan penelitian ini, diantaranya:

- A. Dapat dilatih (*training*) dengan menggunakan perangkat mikrokontroller (ESP32) yang memiliki sedikit *computing power*.

Perangkat mikrokontroller ESP32 tidak memiliki sistem pemrosesan dengan prosesor yang cepat dan juga terbatas dalam segi spesifikasi oleh karena itu penelitian ini membutuhkan metode dan algoritma untuk mencapai hasil latih yang diinginkan dengan keterbatasan tersebut. Selain itu perangkat penelitian yang dibuat membutuhkan kebutuhan untuk digunakan oleh user secara mobile sehingga perangkat penelitian tidak memiliki tempat penyimpanan daya listrik yang besar sehingga tidak dapat memuat *Graphical Processing Unit* (GPU). GPU digunakan untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam *machine learning*. Dengan digunakannya model *machine learning* SSDLite-MobileNet-v2 yang dapat digunakan tanpa perlu dilatih ulang (*pre-trained*) dan walaupun tidak dilatih ulang dan menggunakan GPU, model *machine learning* ini memiliki akurasi dan kecepatan yang cukup baik.

- B. Dapat dijalankan secara *realtime* dengan kecepatan dan akurasi yang baik dalam mendeteksi objek disekitar.

Selain memiliki akurasi dan kecepatan, penelitian ini membutuhkan kemampuan deteksi objek yang dilakukan secara langsung (*realtime*). Kemampuan ini dibutuhkan demi menjaga keamanan user dan juga mencapai tujuan utama dari `

- C. Pengimplementasian lebih mudah dan cepat.

Proses pengimplementasian model *machine learning* pada perangkat mikrokontroller dilakukan dengan cara yang terbilang lebih mudah dibanding model tipe lainnya. SSD merupakan model *machine learning* pra-terlatih (*pre-trained*) diimplementasi menggunakan *Tensorflow.js* yaitu salah satu *Application Programming Interface* (API) pendeksi objek berbasis bahasa pemograman Javascript yang memiliki tujuan untuk melokalisasi dan mengidentifikasi beberapa objek dalam satu gambar (Tensorflow.org, 2022).

3.3.1. Pemilihan Set Data (*Dataset*)

Tahap awal sebelum memulai training ML, dataset harus dikumpulkan terlebih dahulu. Karena dalam penelitian ini menggunakan model yang sudah dilatih (*pre-trained*) yang menggunakan dataset Common Object in Context Detection Challenge (COCO).

Dataset dalam penelitian ini menggunakan model deteksi objek SSD-MobileNet-v2 yang dilatih dari set data Common Object in Context Detection Challenge (COCO) (Lin, dkk 2014, 740-755). Set data COCO ini memiliki model pra-terlatih (*pre-trained*) yang sudah siap diimplementasi untuk mengenali objek di sekitar seperti manusia, hewan dan benda yang sering ditemukan sehingga mempersingkat dan mempermudah proses pelatihan machine learning dan dilatih menggunakan Tensorflow.

Dataset COCO memiliki 200.000 gambar yang sudah dilabel menjadi 80 kelas Objek atau kategori objek (cocodataset.org, 2022).

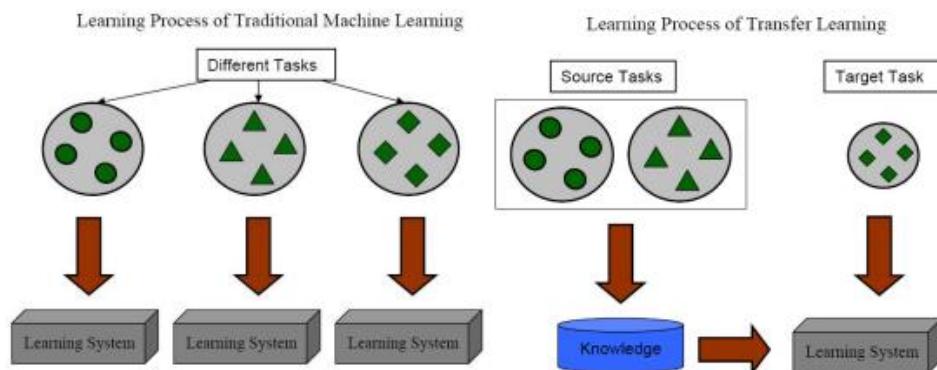


Gambar 3.3.3 Gambar pada dataset COCO yang sudah dilabel (cocodataset.org. 2022)

Pada gambar diatas, merupakan contoh gambar pada Dataset COCO yang sudah dilabel menjadi 5 kategori atau kelas objek yaitu mobil, payung, orang, lampu lalu lintas dan tas.

3.4. Transfer Learning

Transfer learning adalah yang biasa digunakan dan cukup popular dalam machine learning. Transfer learning memungkinkan untuk pengalaman dalam machine learning untuk ditransfer dari model yang sudah pernah dilatih ke model lainnya. Metode ini memungkinkan untuk mempermudah, mempercepat dalam pelatihan dan meningkatkan performa dari model (Argawal, 2018 dan Zhang).



Gambar 3.4.1 Traditional learning dan Transfer learning (Pan and Yang, 2009)

Menurut Weiss, Khoshgoftaar, dan Wang (2016) transfer learning diperlukan untuk meningkatkan kemampuan pelatihan pada domain target yang didapat dari proses transfer pengetahuan dari domain terkait. Transfer learning juga membutuhkan lebih sedikit data yang dibutuhkan untuk training dibandingkan dengan traditional machine learning (Argawal, 2018; Patil and Gaikwad, 2018; Sarkar, 2018; Weiss, Khoshgoftaar, and Wang, 2016).

3.5. Implementasi *Machine Learning* (ML) pada Perangkat

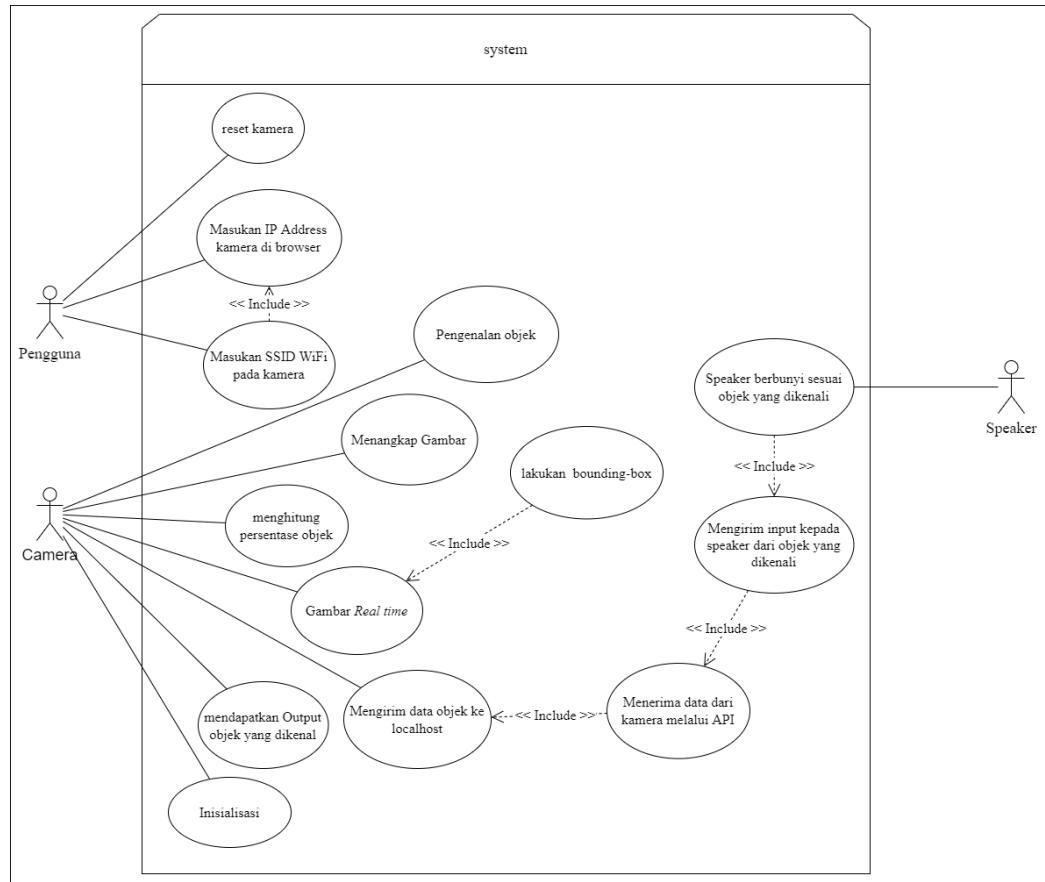
Proses implementasi Machine Learning (ML) pada perangkat dilakukan dengan menambahkan Javascript tag kedalam Source code web interface yang akan dibuka melalui HTTP. Pendeksiian objek dilakukan dengan menambahkan model method agar canvas pada javascript membentuk kotak pembatas pada gambar.

```
model.detect(  
    img: tf.Tensor3D | ImageData | HTMLImageElement |  
        HTMLCanvasElement | HTMLVideoElement, maxNumBoxes: number, minScore: number  
)
```

Gambar 3.5.1 Code yang ditambahkan untuk membentuk kotak pembatas (Tensorflow Github, 2022)

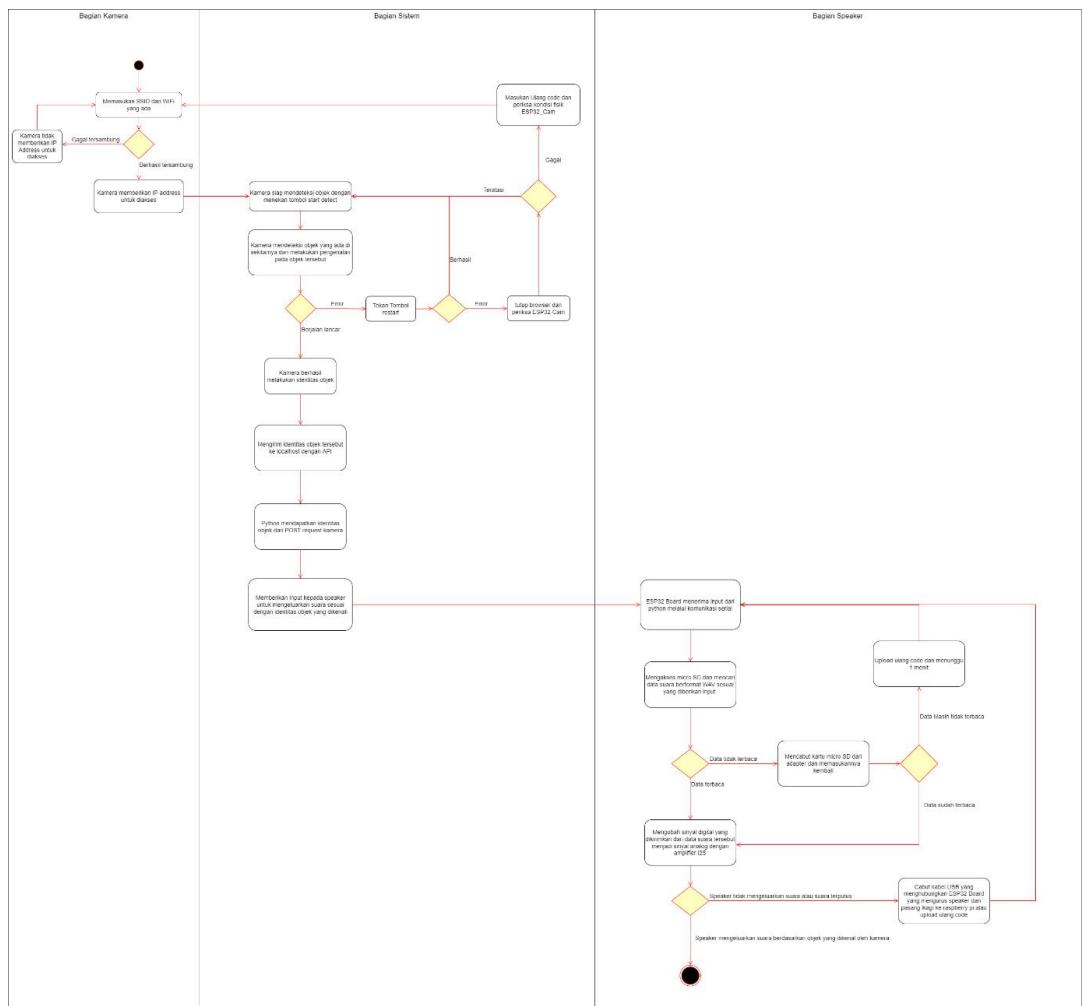
3.6. Perancangan UML

A. Use Case Diagram



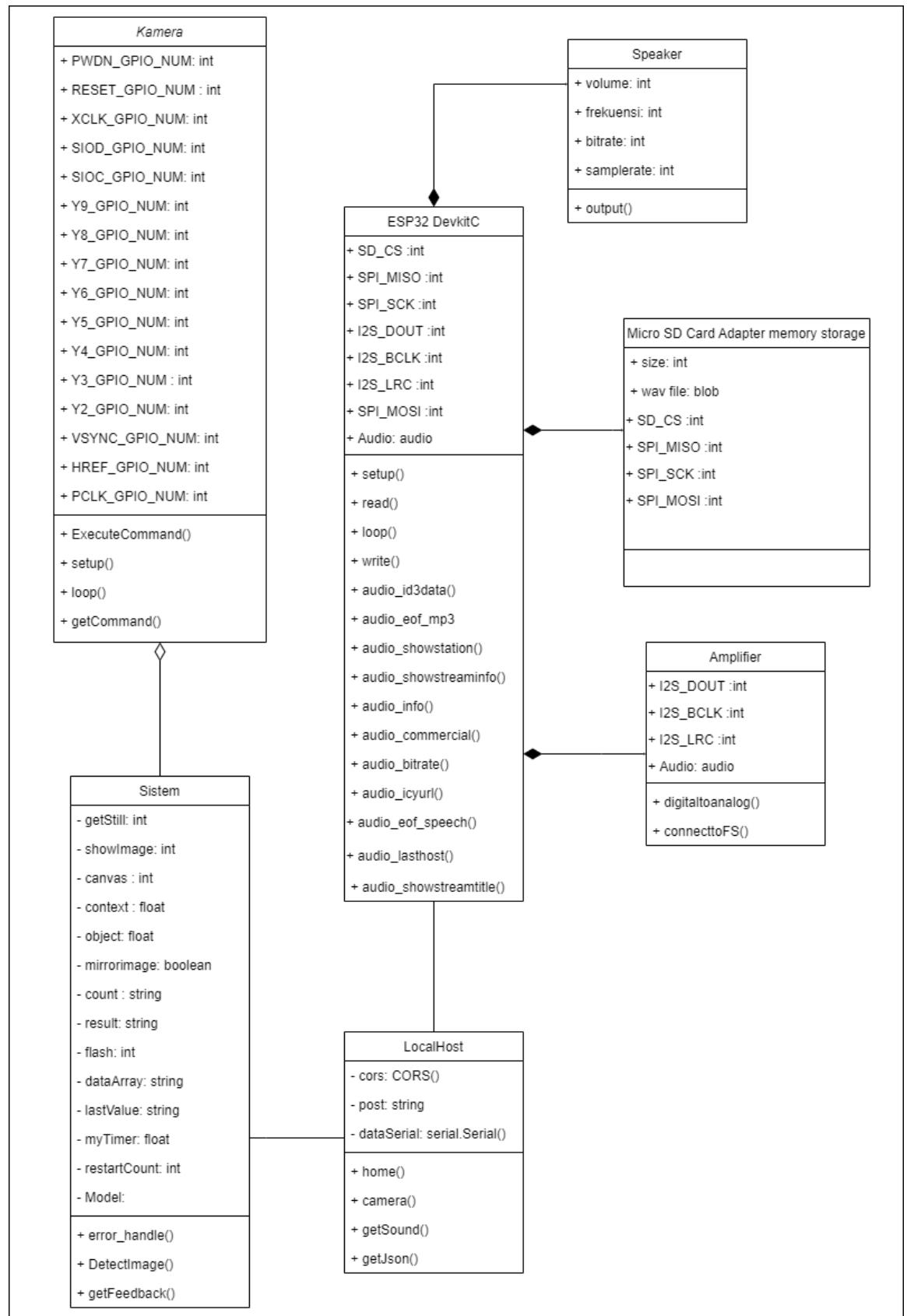
Gambar 3.6.1 Use Case Diagram

B. Activity Diagram



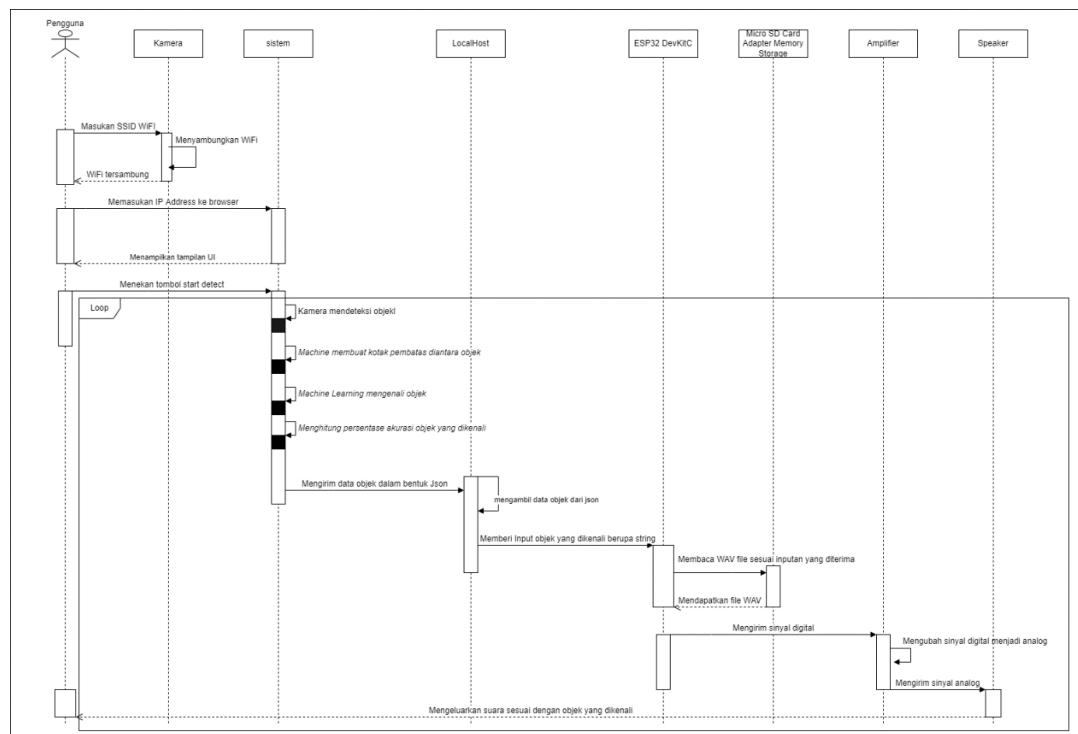
Gambar 3.6.2 Activity Diagram

C. Class Diagram



Gambar 3.6.3 Class Diagram

D. Sequence Diagram



Gambar 3.6.4 Sequence Diagram

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Testing Environment

A. Spesifikasi Sistem

Sistem kami menggunakan dua ESP32 DevKitC V4 sebagai mikrokontroller utama dalam mengendalikan *speaker* dan kamera. Dalam rangkaian kamera ESP32 berfungsi sebagai pengontrol, jalur komunikasi, dan jalur untuk mengunggah *code* dan sekaligus pemberi daya untuk ESP32-CAM. ESP32-CAM bertugas untuk melakukan pengenalan objek yang sudah di program dan memakai *machine learning* menggunakan COCO-SSD dan objek itu akan menjadi input bagi speaker. Sedangkan ESP32 dalam rangkaian speaker berfungsi untuk mengontrol *speaker* dan *SD Card Adapter*, SD Card Adapter menyimpan rekaman suara berformat .wav yang akan menghasilkan suara rekaman tersebut ke speaker. Selain mengontrol speaker dan SD Card Adapter ESP32 juga menerima input dari kamera melalui python yang terhubung melalui komunikasi serial.

Tabel 4.1.1 Daftar komponen yang digunakan dalam penelitian

Nama Alat	Jumlah
ESP32 DevKitC V4	2 buah
ESP32-Cam	1 buah
SD Card Adapter	1 buah
MAX98357A	1 buah
Speaker	1 buah
Raspberry Pi 4 Model B	1 buah
Bread Board	1 buah
Kabel Jumper	18 buah
Topi	1 buah
Power Bank	1 buah
Kabel micro USB	2 buah
Kabel USB type C	1 buah

4.1.1. Prosedur Pengoperasian Alat

- A. Prosedur Raspberry Pi untuk menyalakan local host dengan Python
 - 1. Alat dinyalakan dengan menggunakan *power bank* yang dihubungkan dengan Raspberry Pi melalui usb type C
 - 2. Menghubungkan HDMI untuk melihat desktop ke monitor
 - 3. Buka pycharm melalui file hasil download pycharm lalu ke folder bin dan klik pycharm.sh
 - 4. Jalankan python menggunakan termina pada pycharm lalu ketik “python app.py”
 - 5. Cabut kabel HDMI untuk bisa digunakan dengan topi untuk bisa dibawa oleh user

B. Prosedur ESP32-Cam

- 1. Pertama kali kamera perlu di hubungkan dengan internet atau WiFi yang ada dengan cara membuka Arduino IDE dan memasukan SSID dari WiFi tersebut lalu *upload code*, namun jika sudah di hubungkan sebelumnya dengan internet yang sebelumnya maka kamera akan otomatis terhubung dengan internet dan memberikan IP Address melalui serial monitor pada Arduino IDE.
- 2. Memasukan IP Address ke browser.
- 3. Kamera akan menyiapkan model yang sudah dilatih
- 4. Tekan tombol start detect untuk memulai kamera.
- 5. Objek yang akan muncul di kamera akan terlihat dan jika machine learning mengenali objek tersebut maka akan melakukan object recognition dengan memunculkan kotak batas pada objek yang menunjukkan kumpulan piksel pada gambar tersebut cocok dengan objek tertentu.
- 6. Objek yang dikenali tersebut akan di kirim ke localhost melalui request POST ke dalam python yang mengurus localhost

C. Prosedur Speaker dan SD Card Adapter module

- 1. Speaker akan terhubung dan langsung menyala selain itu speaker terhubung dengan python yang sekaligus mengurus localhost, dikarenakan

setelah python menerima data dari kamera melalui API, data tersebut akan dipanggil sebuah fungsi yang berfungsi untuk memberi input kepada speaker melalui serial dan diterima oleh ESP32 Board.

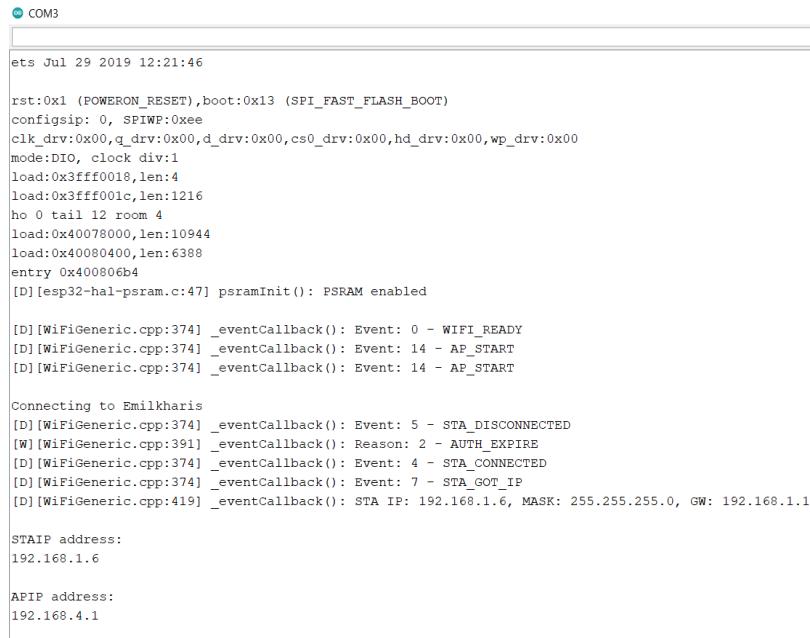
2. ESP32 akan mengakses kartu SD untuk mencarikan audio yang sesuai dengan objek yang ditangkap.
3. ESP32 memberikan sinyal digital kepada amplifier yang kemudian amplifier akan mengubah sinyal digital tersebut menjadi sinyal analog.
4. Sinyal analog diteruskan menuju speaker.
5. Speaker mengeluarkan suara sesuai dengan objek yang di kenali.

D. Prosedur pengiriman data dari kamera menuju localhost di python

1. Localhost pada python dibuat dengan menggunakan flask dengan menggunakan method POST untuk mengirim data dari kamera ke localhost.
2. Kamera akan mengirim data objek melalui API menggunakan cara fetch dan mengirimnya dalam bentuk Javascript dictionary kemudian diubah lagi kedalam bentuk json.
3. Python akan menerima data dari request tersebut kemudian akan diambil datanya dari json.
4. Data akan diteruskan kepada speaker melalui fungsi yang memberi input kepada speaker.

4.1.2. Tampilan – tampilan prototipe saat dijalankan

1. Tampilan ESP32-Cam tesambung dengan WiFi



```

COM3
ets Jul 29 2019 12:21:46

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0018,len:4
load:0x3fff001c,len:1216
ho 0 tail 12 rcon 4
load:0x40078000,len:10944
load:0x40080400,len:6388
entry 0x400806b4
[D][esp32-hal-psram.c:47] psramInit(): PSRAM enabled

[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 0 - WIFI_READY
[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 14 - AP_START
[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 14 - AP_START

Connecting to Emilkharis
[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 5 - STA_DISCONNECTED
[W][WiFiGeneric.cpp:391] _eventCallback(): Reason: 2 - AUTH_EXPIRE
[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 4 - STA_CONNECTED
[D][WiFiGeneric.cpp:374] _eventCallback(): Event: 7 - STA_GOT_IP
[D][WiFiGeneric.cpp:419] _eventCallback(): STA IP: 192.168.1.6, MASK: 255.255.255.0, GW: 192.168.1.1

STAIP address:
192.168.1.6

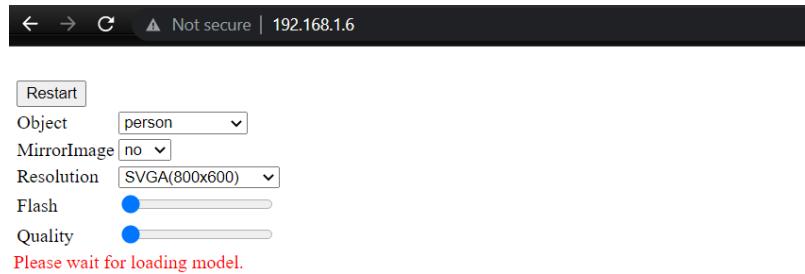
APIP address:
192.168.4.1

```

Gambar 4.1.1 Tampilan ESP32 cam berhasil tersambung ke internet

Pada gambar 4.1.1 muncul mengenai dua IP address yang akan menghubungi kamera dengan menggunakan IP address ke browser.

2. Halaman browser pada saat awal IP address di akses



Gambar 4.1.2 Halaman pertama setelah mengakses IP

Pada gambar 4.1.2 terlihat saat mengakses IP Address pertama kali terdapat pilihan menu seperti Object, Score Limit, Mirror Image, Resolution, Flash dan Quality. Masing – masing fungsi menu tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Menu Object digunakan untuk menghitung suatu obyek yang ingin dihitung berapa kali obyek tersebut terdeteksi.
- 2) Menu Mirror Image menampilkan di mana hasil gambar yang ditangkap kamera seperti refleksi pada cermin.
- 3) Menu Resolution digunakan mengubah resolusi dari tangkapan kamera pada browser
- 4) Menu Flash untuk mengatur pencahayaan pada lampu flash pada kamera
- 5) Menu Quality untuk mengatur kualitas gambar yang ditangkap kamera

Selain itu terdapat perintah pada halaman pada saat model yang sudah dilatih sedang diproses terlebih dahulu sebelum dapat diakses kamera. Ini dikarenakan machine learning yang digunakan adalah Tensorflow.js yang berjalan di browser sehingga model pada machine learning juga berjalan di browser.

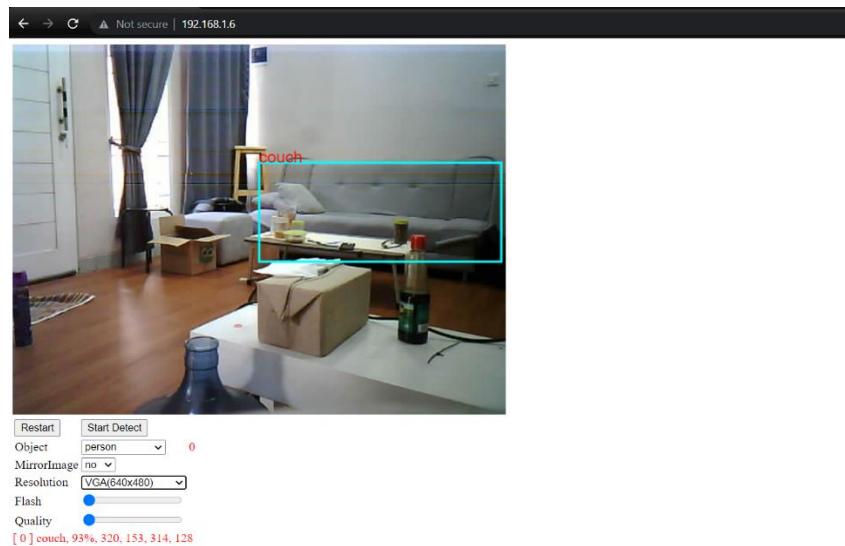
3. Halaman kamera siap mendeteksi objek dengan model yang sudah dilatih



Gambar 4.1.3 Kamera siap mendeteksi objek

Pada gambar 4.1.3 kamera siap memulai mendeteksi objek karena model sudah siap digunakan dengan tanda pemberitahuan model yang sedang di muat sudah hilang.

4. Kamera mendeteksi objek



Gambar 4.1.4 kamera mendeteksi objek

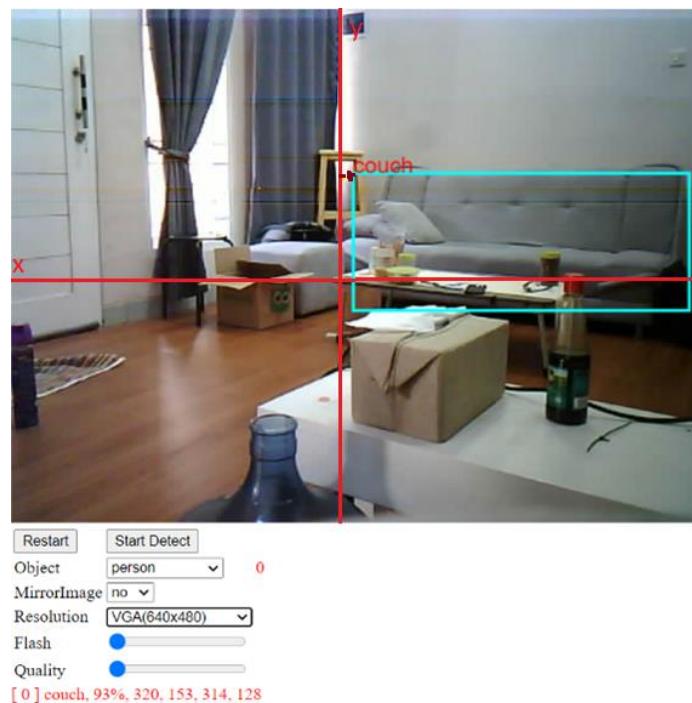
Pada gambar 4.1.4 kamera berhasil mendeteksi objek yaitu orang dengan hasil seperti pada tulisan berwarna merah. Pada tulisan berwarna merah terdapat informasi hasil dari tangkapan objek seperti person dan angka – angka yang menunjukan pembuktian dari objek tersebut di machine learning dan objek orang terhitung satu pada menu objek. Angka-angka tersebut berarti:

[0] couch, 93%, 320, 153, 314, 128

Gambar 4.1.5 Angka hasil analisa pendekslan objek Machine Learning

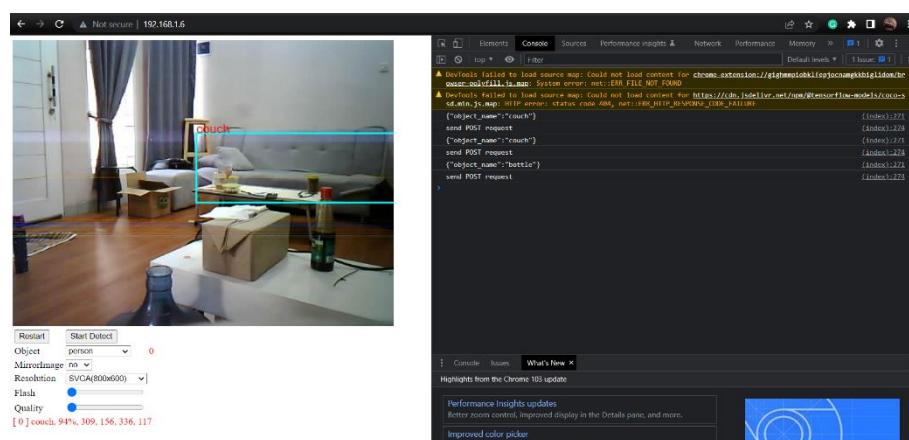
- 1) “[0]” adalah jumlah banyak bounding box melakukan objek deteksi dalam satu waktu yg sama jika terdeteksi dua objek maka akan muncul 0 dan 1 dan begitu seterusnya.
- 2) “couch” adalah nama atau kelas objek yang terdeteksi.
- 3) “93%” adalah hasil objek akurasi yang didapat.
- 4) "320" adalah nilai koordinat x dengan dibulatkan.
- 5) “153” adalah nilai koordinat y dengan dibulatkan.
- 6) “314” adalah lebar *bounding box* dalam *pixels*.
- 7) “128” adalah tinggi *bounding box* dalam *pixels*.

Nilai koordinat dihitung dari titik bertemuanya pojok kiri atas *bounding box* dan sumbu x dan y pada *frame* seperti ilustrasi pada gambar dibawah.



Gambar 4.1.6 Ilustrasi posisi nilai koordinat

5. Tampilan pada konsol objek dikirim ke localhost



Gambar 4.1.7 Tampilan konsol dimana objek data dikirim melalui API

Pada gambar 4.1.7 terlihat data dari objek yang di tangkap akan dikirim melalui API dalam bentuk json dan terkirim menuju python yang membuka localhost dengan method POST.

6. Tampilan terminal pada python

Gambar 4.1.8 Tampilan terminal pada localhost

Pada gambar 4.1.8 terminal terlihat data yang dikirim dari kamera dalam bentuk json akan diambil nilainya kemudian akan di *passing* ke dalam fungsi yang memberikan input ke pada speaker sesuai dengan objek yang ditangkap oleh kamera melaui komunikasi serial.

7. Tampilan serial monitor pada speaker

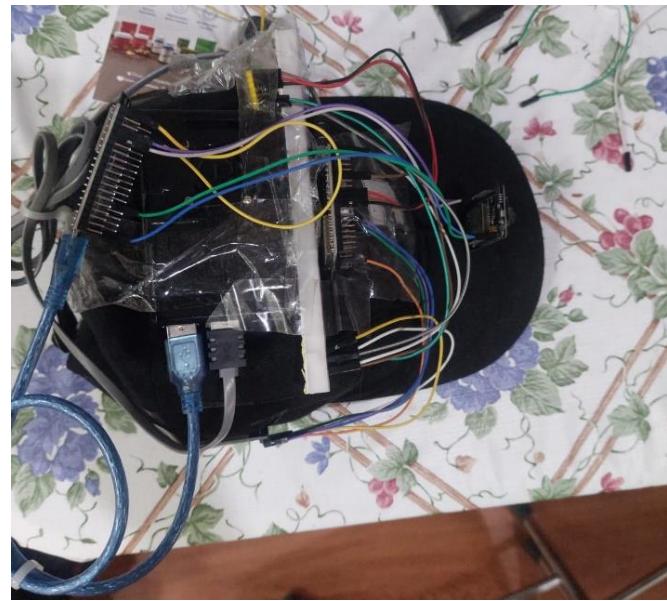
```
info      PSRAM not found, inputBufferSize: 6399 bytes
info      buffers freed, free Heap: 265908 bytes
info      Reading file: "/sofa.wav"
info      FormatCode: 1
info      DataRate: 16000
info      DataBlockSize: 1
info      AudioLength: 26095
info      stream ready
info      syncword found at pos 0
info      Channels: 1
info      SampleRate: 16000
info      BitsPerSample: 8
info      BitRate: 128000
info      End of file "/sofa.wav"
eof mp3   /sofa.wav
```

Gambar 4.1.9 Tampilan speaker dengan spesifikasi WAV file

Pada gambar 4.1.9 terlihat speaker menerima input dari python melalui serial dan menjalankan perintah untuk mengakses kart SD terlebih dahulu dan membunyikan Speaker dengan spesifikasi suara seperti pada gambar.

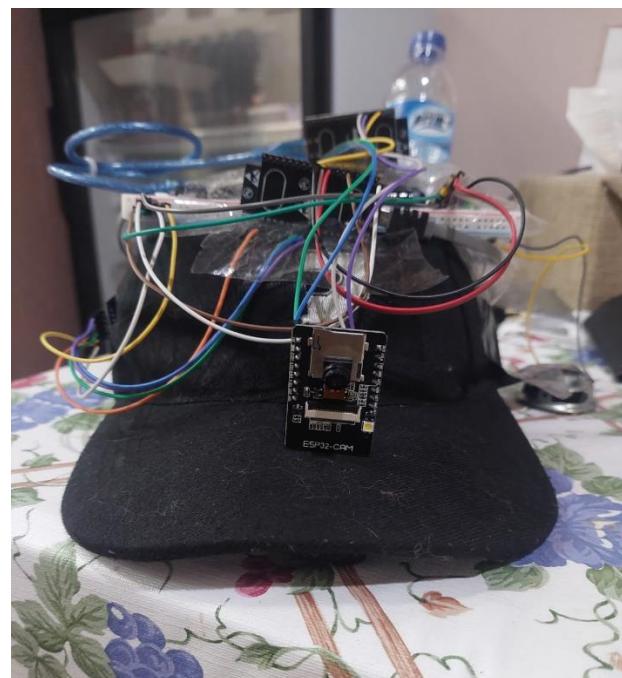
4.1.3. Tampilan Prototipe

1. Tampak Atas



Gambar 4.1.10 Prototipe tampak dari atas

2. Tampak Depan



Gambar 4.1.11 Prototipe tampak dari depan

3. Tampak Samping kanan



Gambar 4.1.12 Prototipe tampak dari kanan

4. Tampak Samping Kiri



Gambar 4.1.13 Prototipe tampak dari kiri

5. Tampak Belakang



Gambar 4.1.14 Prototipe tampak dari belakang

4.2. Hasil (Kecepatan, Tingkat Akurasi, Presisi Dan Lain Lain)

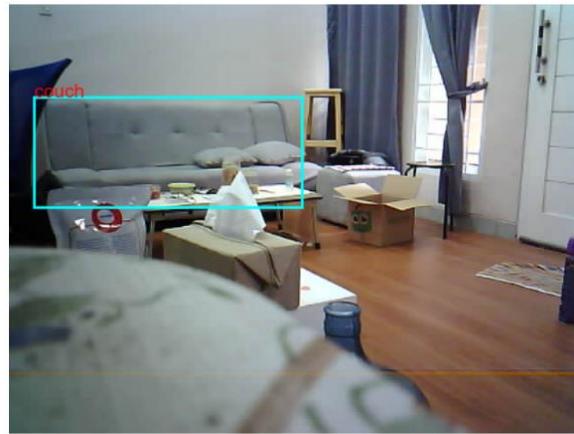
4.2.1. Hasil Model Single-Shot Multibox Detector (SSD)

Alasan dibalik dipilihnya model *SSD MobileNetV2* adalah model SSD lebih baik dalam segi kecepatan dan ukuran model dibanding model deteksi objek serupa seperti *Region Based Convolutional Neural Networks* (R-CNN) (Wei, dkk., 2016). Hal tersebut memungkinkan kemampuan deteksi objek dilatih di dalam perangkat mikrokontroller yang memiliki kemampuan daya komputasi yang terbatas seperti ESP32. Berikut perbandingan model objek deteksi dalam table berikut (Konaite, 2021).

Tabel 4.2.1 Perbandingan model machine learning untuk deteksi objek

Nama Model	Kecepatan (Milidetik)	TensorFlow version
SSD MobileNet v2 320x320	19	2
ssd_mobilenet_v1_coco	30	1
ssd_mobilenet_v2_coco	31	1
Faster R-CNN ResNet50 V1 640x640	53	2
faster_rcnn_inception_v2_coco	58	1

Seperti pada tabel 4.2.1 model mengambil gambar input 320x320 dan hanya membutuhkan 19 milidetik untuk mendekripsi objek dan lokasinya di gambar itu, sedangkan model lain membutuhkan lebih banyak waktu. Saat proses deteksi, gambar yang sudah dikenali akan mendapat kotak pembatas yang berfungsi untuk memberi label objek yang terdeteksi secara visual pada setiap bingkai video yang dilakukan oleh *library* bernama *openCV*.



Gambar 4.2.1 Kotak Pembatas pada pengenalan objek pada Machine Learning

Gambar yang sudah dikenali akan diteruskan oleh model yang diterima kode Python (API) yang akan mengirim data POST yang berfungsi untuk mengaktifkan fungsi speaker sesuai dengan objek yang dideteksi.

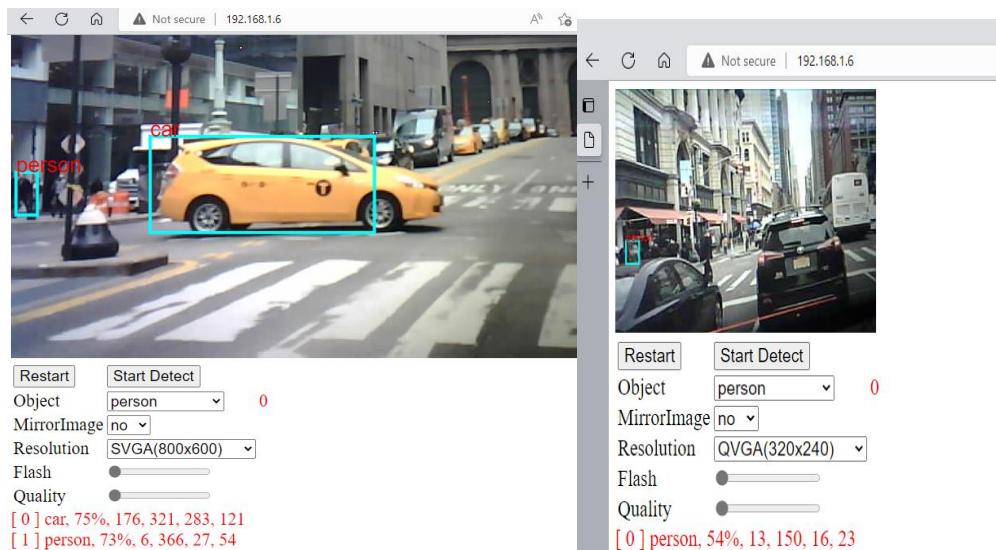
Model SSD juga memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dibandingkan dengan model lainnya yang juga dijalankan dalam spesifikasi komputasi yang sama. SSD MobileNet v2 320x320 adalah model MobileNet terbaru yang dikonfigurasi untuk algoritma deteksi *Single-Shot Multibox* (SSD), yang dioptimalkan untuk kecepatan dan akurasi dengan margin yang sangat kecil yang dihitung dalam satuan *mean average precision* (mAP) hanya 0,8, dibandingkan dengan model tercepat kedua, SSD MobileNet COCO v (Vijesh, dkk., 2019 1398–1401).

Tabel 4.2.2 Perbandingan kecepatan dan akurasi antar model deteksi objek

Nama Model	Kecepatan (Milidetik)	COCO (mAP)	TensorFlow version
SSD MobileNet v2 320x320	19	20.2	2

ssd_mobilenet_v1_coco	30	21	1
ssd_mobilenet_v2_coco	31	22	1
Faster R-CNN ResNet50 V1 640x640	53	29.3	2
faster_rcnn_inception_v2_coco	58	28	1

Tingkat akurasi ini dipengaruhi juga dari spesifikasi kamera dan faktor lingkungan sekitar objek seperti cahaya, jarak, dan jumlah objek. Pada saat pengujian terdapat indikasi bahwa tingkat akurasi menurun ataupun kesulitan dalam mendekripsi jika terdapat objek yang bertumpuk satu sama lain atau terlalu ramai.



Gambar 4.2.2 Perbandingan akurasi deteksi objek dalam sekenario berbeda

Pada gambar 4.2.2 sebelah kiri jumlah objek yang tertangkap kamera lebih sedikit dibandingkan gambar kanan yang mengakibatkan akurasi objek pada gambar kiri lebih baik dibandingkan.

4.2.2. Evaluasi tingkat ke akurasian objek

Berdasarkan uji coba menggunakan sepuluh objek kursi dengan bentuk yang bervariasi, tingkat akurasi dapat dihitung berdasarkan metrik yang didasari oleh *Confusion Matrix*. *Confusion Matrix* adalah teknik visual untuk melakukan pengukuran performa untuk masalah klasifikasi *machine learning*.

dimana keluaran dapat berupa dua kelas atau lebih (Xu, J, dkk., 2019). *Confusion Matrix* adalah tabel dengan 4 kombinasi berbeda dari nilai prediksi dan nilai aktual. Ada empat istilah yang merupakan representasi hasil proses klasifikasi pada confusion matrix yaitu True Positif, True Negatif, False Positif, dan False Negatif.

Tabel 4.2.3 Table Confusion Matrix

Predicted Values	True	False
True (Positive)	TP (True positive) <i>Correct result</i>	FP (False Positive) <i>Unexpected result</i>
False (Negative)	TN (True Negative) <i>Correct absence of result</i>	FN (False Negative) <i>Missing Result</i>

Dengan menggunakan *Confusion Matrix* ini dapat dihasilkan kesimpulan dari tingkat performa yang dijabarkan dalam persamaan berikut:

A. *Precision*

Precision menggambarkan tingkat akurasi dari data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh model yang digambarkan dalam persamaan berikut:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

B. *Recall*

Recall menggambarkan keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi. *Recall* digambarkan dalam persamaan berikut:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

C. *Accuracy*

Accuracy menngambarkan seberapa akurat model dalam mengklasifikasikan dengan benar. *Accuracy* digambarkan melalui persamaan berikut:

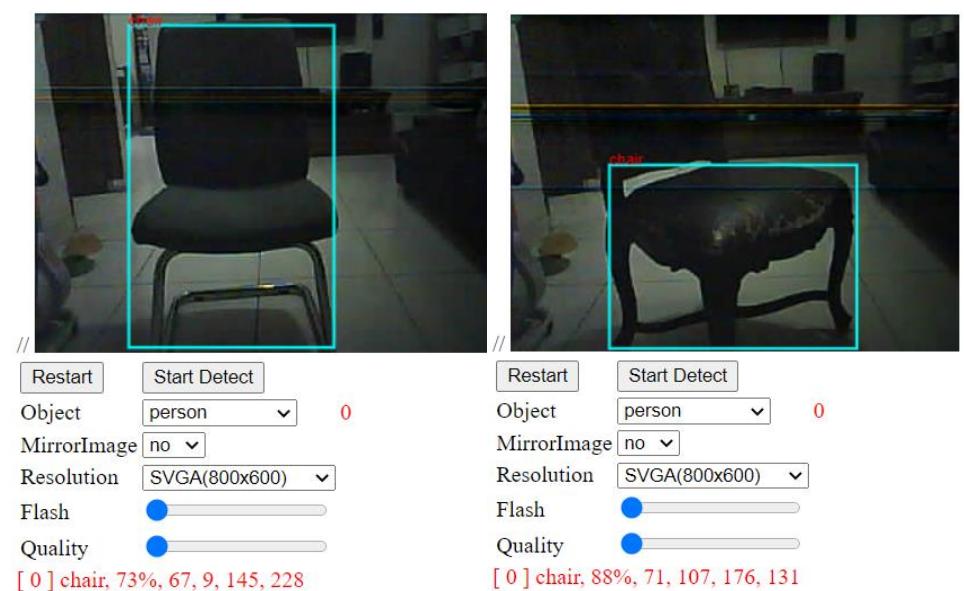
$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

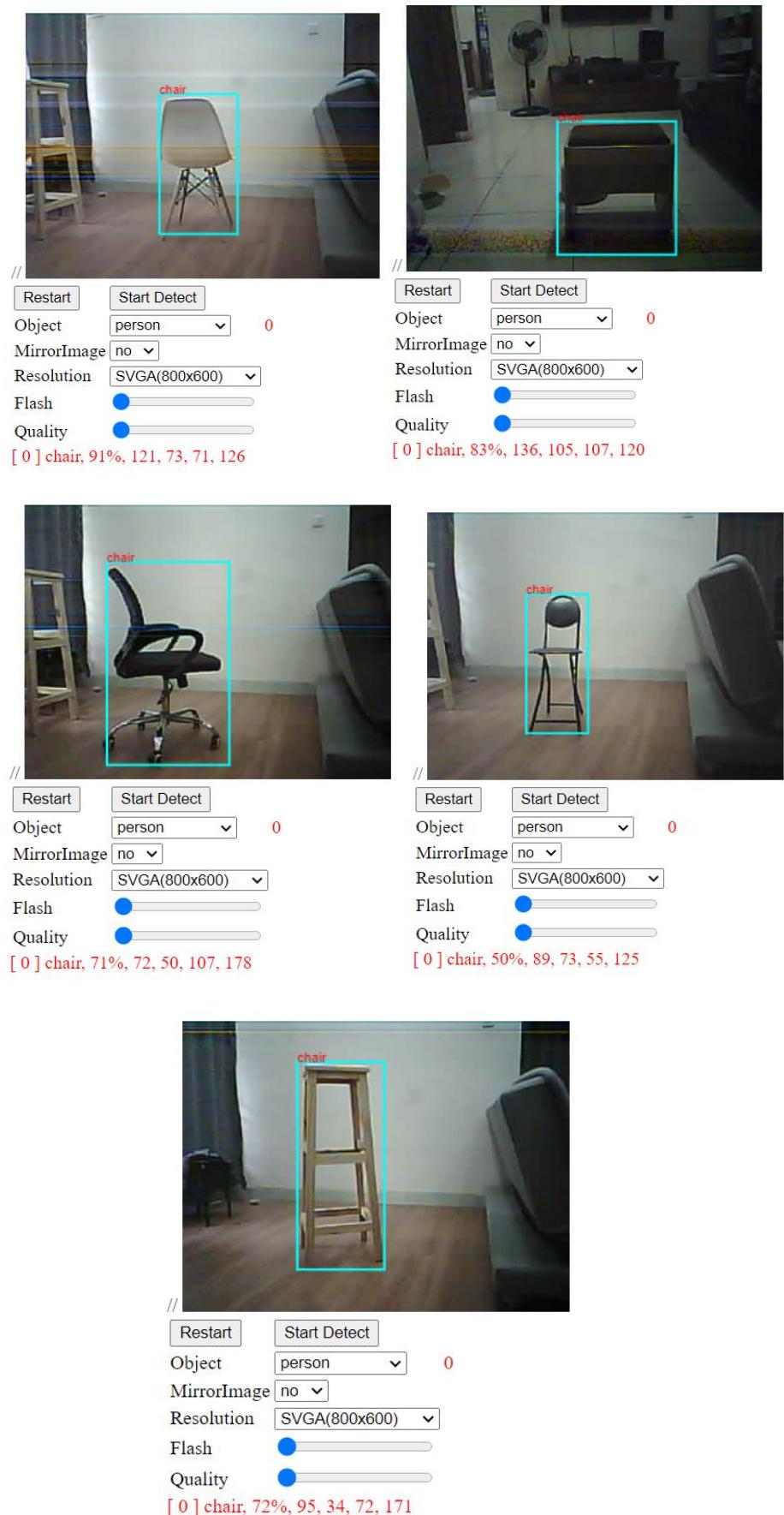
Keterangan:

- TP = Banyak data dengan nilai sebenarnya positif dan nilai prediksi positif
- FP = Banyak data dengan nilai sebenarnya negatif dan nilai prediksi positif
- FN = Banyak data dengan nilai sebenarnya positif dan nilai prediksi negatif
- TN = Banyak data dengan nilai sebenarnya negatif dan nilai prediksi negatif

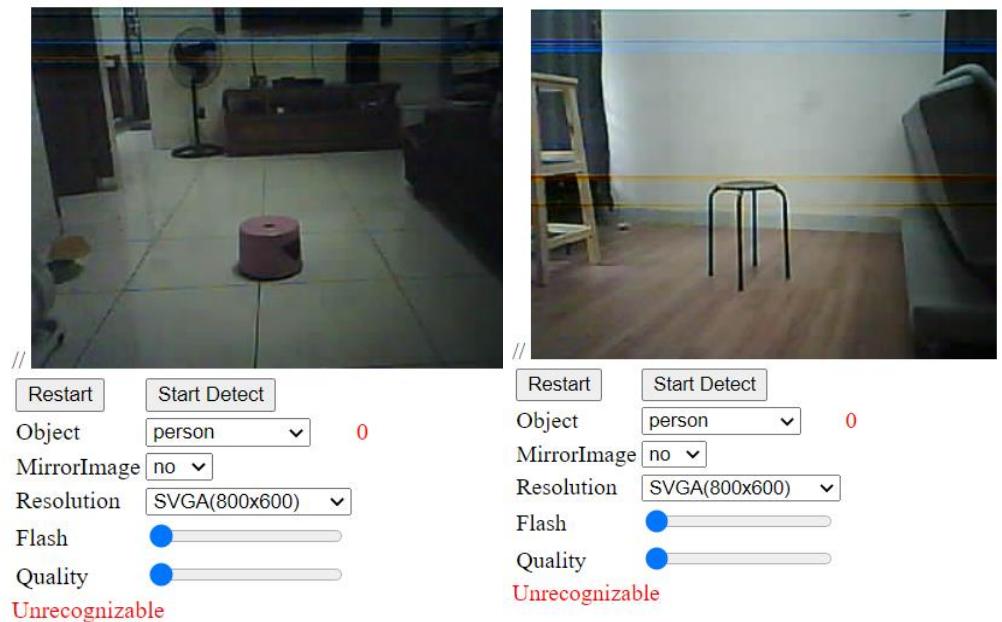
D. Hasil dari performa model *machine learning* pada prototipe

Menurut hasil dari pendektsian objek, diklasifikasi menjadi beberapa hasil sesuai kemampuan model dalam mendekripsi objek seperti berikut:

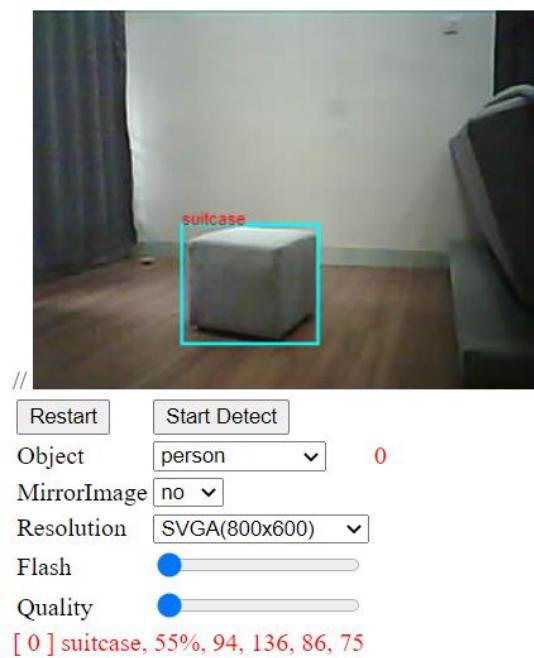




Gambar 4.2.3 Hasil pendektsian objek menggunakan 10 sampel objek kursi berhasil mendektsi sesuai dengan nama objek yang ditangkap berjumlah 7 sampel



Gambar 4.2.4 Hasil pendektsian objek yang gagal dalam mendekksi objek kursi berjumlah 2 sampel



Gambar 4.2.5 Hasil pendektsian objek berhasil namun gagal dalam mengklasifikasi objek kursi berjumlah 1 sampel

Dari hasil uji sepuluh sampel objek kursi dengan bentuk yang bervariasi didapatkan 7 objek yang berhasil dideteksi dan sesuai dengan objek tersebut. Sedangkan 2 dari 10 objek tersebut gagal dideteksi oleh model dan 1 objek yang gagal diklasifikasi dengan benar oleh model.

Dapat disimpulkan dalam Confusion *Matrix* bahwa hasil prediksi tersebut dapat dimasukan ke dalam persamaan berikut:

- $TP = 7$
- $FP = 1$
- $FN = 2$
- $TN = 0$

Dengan hasil tersebut dapat dihitung tingkat performa dengan menghitung persamaan berikut:

a) *Precision*

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Precision = \frac{7}{7 + 1}$$

$$Precision = 0.875 * 100\% = 87.5\%$$

b) *Recall*

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$Recall = \frac{7}{7 + 2}$$

$$Recall = 0.77 * 100\% = 77\%$$

c) *Accuracy*

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

$$Accuracy = \frac{7 + 0}{7 + 0 + 1 + 2}$$

$$Accuracy = 0.7 * 100\% = 70\%$$

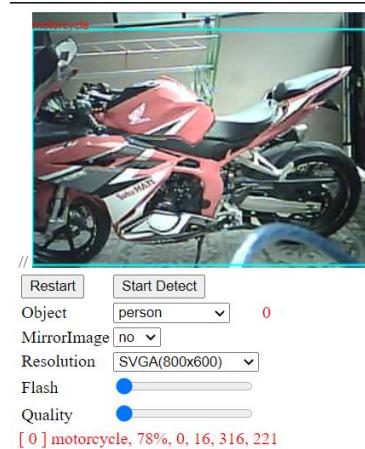
Berdasarkan perhitungan diatas hasil dari performa model *machine learning* dalam mendekksi 10 sampel objek kursi memiliki akurasi sebesar 70% dengan presisi sebesar 80% dan memiliki *recall* sebesar 77%.

4.2.3. Hasil Akurasi dari sudut pandang objek yang berbeda



Gambar 4.2.6 Tampak Akurasi dari pendektsian objek motor dari belakang dan depan

Tampilan Objek motor dari belakang didapatkan dengan akurasi 56% (gambar 4.2.6) dan juga tampak motor dari depan dengan akurasi 60% yang menunjukkan kesamaan dalam akurasi dikarenakan pada tampilan depan dan belakang mirip dengan objek lainnya seperti sepeda.



Gambar 4.2.7 Tampak akurasi objek motor dari samping

Akan tetapi tampak motor dari samping (gambar 4.2.7) memberikan akurasi lebih besar dibanding tampak depan dan belakang dikarenakan keseluruhan bentuk dari objek motor lebih terlihat perbedaan dibanding objek yang lain sehingga machine learning dapat membedakan dengan cukup baik.

4.3. Evaluasi Penelitian

A. Subjektif berdasarkan uji coba kepada pengguna

Kami melakukan uji coba prototipe kami kepada orang tunanetra dan orang normal. Pengujian dilakukan di dalam rumah karena kami merasa prototipe kami belum bisa menerima data yang terus datang kedalam API secara cepat dan jika ada error perlu di atasi lagi dengan laptop.

1) Pengujian terhadap orang non-tunanetra

Pengujian ini diberikan kepada orang normal untuk mengetahui seberapa bergunanya jika dipakai orang normal meskipun mereka dapat melihat dan mengetahui bagaimana fungsi kamera dapat berperan sama seperti mata. Pengujian dilakukan oleh beberapa narasumber sebagai berikut:

Narasumber pertama memberikan tanggapannya terhadap prototipe kami. Menurutnya prototipe kami masih banyak yang perlu diperbaiki seperti objek yang ditangkap kamera tidak boleh spam, yang artinya saat objek pertama didapat perlu menunggu sekitar 2 detik untuk mendeteksi objek berikutnya ini menyebabkan speaker tidak bisa mengeluarkan suara. Kemudian akurasi yang ditangkap objek masih sangat kurang dikarenakan saat mendeteksi objek tanpa disadari kamera menangkap sebuah kereta oleh sebab itu masih banyak yang perlu diperbaiki dan dilatih kembali untuk machine learning, dan speaker sering tidak mengeluarkan suara namun dari semua itu menurutnya prototipe kami sangat mengagumkan dan saat dipakai suaranya jelas dan nyaman dipakai dan berguna bagi tunanetra jika permasalahan prototipe berhasil diselesaikan.

Narasumber kedua juga memberikan tanggapannya. Prototipe kami dianggap masih sangat banyak kekurangan baik dari segi objek yang dikenalnya dan speaker yang kadang tidak mengeluarkan suara. Menurutnya bagian pengenalan objek masih harus banyak dikembangkan lagi untuk objek yang dikenal tepat sasaran, sedangkan speaker perlu dicari kesalahan atau errornya kenapa speaker terkadang tidak bersuara. Untuk prototipe pemakaian topi sudah bagus namun menurutnya topi yang digunakan lebih baik buatan sendiri agar peletakan prototipe tidak terlihat berantakan dan saat berjalan tidak ada

yang terjatuh, selain itu perlu ditambahkan tempat yang cocok atau khusus untuk menaruh power bank. Baginya prorotipe ini sangat menarik meskipun perlu banyak perkembangan dan pengujian yang terus diulang.

2) Pengujian terhadap orang tunanetra

Pengujian terhadap tunanetra sangat penting karena tujuan prototipe ini adalah membantu tunanetra sehingga kami mendatangi pasangan suami istri di rumahnya yang beralamat dekat dengan Stasiun Sudimara. Sang suami memiliki pandangan setengah melihat namun mata sebelah kanan sudah tidak bisa melihat lagi, sedangkan sang istri sudah tidak dapat melihat lagi. Kami mencoba prototipe kami kepada mereka berdua dan memberikan tanggapan terhadap prototipe kami. Menurut mereka berdua sangat banyak hal yang perlu diperbaiki dan banyak juga saran yang kami terima karena mereka memiliki banyak pengalaman menggunakan alat – alat bantu seperti yang kami buat untuk membantu tunanetra.

Mereka menganggap prorotipe ini membutuhkan banyak evaluasi dan percobaan terus menerus karena dianggap wajar, pembuatan alat menggunakan sensor bukanlah sesuatu yang dibuat secara cepat sehingga perlu pemeliharaan dan pengembangan terus menerus. Kemudian melatih pengenalan objek sampai objek yang dikenali benar karena saat percobaan kamera menangkap objek kereta sedangkan tidak ada kereta di dalam ruangan.

Selain itu kami mendapatkan saran untuk prototipe kami dengan menambahkan sebuah getaran untuk mendeteksi objek atau halangan yang tidak dapat di deteksi oleh kamera seperti objek lubang, gundukan, dll. Sehingga mereka menyarankan menambahkan sebuah tongkat untuk mendeteksi objek - objek tersebut pada tongkat atau alat yang bisa mengeluarkan getaran. Kemudian mereka menyarankan untuk tidak menggunakan power bank karena sangat repot membawa alat yang cukup berat dan juga mengganggu karena mereka ingin alat bersifat praktis dan nyaman sehingga menyarankan kami menggunakan baterai sebagai daya utamanya.

Selepas dari itu semua, mereka mendukung alat kami bisa digunakan tuanetra sebagai suatu alat yang bisa membantu mereka untuk beraktifitas namun sangat banyak yang perlu dikembangkan sampai alat ini berhasil.

B. Objektif berdasarkan penelitian sebelumnya

Evaluasi objektif ini membandingkan dengan sebuah hasil penelitian yang mirip dengan kami buat. Terdapat penelitian yang kami temukan memiliki kemiripan dengan penelitian kami yaitu penelitian dengan judul “Smart Hat for the blind with Real-Time Object Detection using Raspberry Pi and TensorFlow Lite”. Penelitian ini membahas alat yang dapat menunjang seorang tunanetra dengan menggunakan *machine learning*.



Gambar 4.3.1 Perbandingan alat yang pada penelitian lain (kiri) dan alat yang dibuat pada penelitian ini (kanan)

1. Persamaan penelitian

Penelitian dengan judul “Smart Hat for the blind with Real-Time Object Detection using Raspberry Pi and TensorFlow Lite” memiliki kemiripan dengan kami dalam aspek machine learning, komponen dan prototipe. Penelitian ini menggunakan dataset COCO dan algoritma SSD yang dilatih juga dengan tensorflow seperti kami untuk mengenali objek, menggunakan Raspberry Pi 4 dan menggunakan sensor kamera sebagai pendekripsi objek. Selain itu, persamaan penelitian ini menggunakan topi yang dipasangkan kamera untuk mendekripsi objek didepan tunanetra serta menggunakan speaker sebagai output untuk mengenali objek tersebut.

2. Perbedaan penelitian

Perbedaan penelitian adalah penelitian ini menggunakan Pi Camera salah satu produk Raspberry Pi yang tentunya didukung oleh Raspberry Pi 4 dalam hal pengenalan objek, merekam, mengambil gambar, dll. Sedangkan kami menggunakan ESP32-Cam yang berfungsi sebagai kamera. Perbedaan lainnya dengan kami penelitian ini menggunakan Raspberry Pi 4 sebagai inti dari mikrokontroler untuk mengendalikan kamera dan speaker sedangkan kami menggunakan ESP32 DevKitC V4, kami menggunakan Raspberry Pi 4 hanya untuk membuat localhost yang akan menjadi komunikasi antara kamera dan speaker.

3. Keunggulan penelitian dibanding penelitian sebelumnya

Menurut hasil analisa dan penelitian, alat yang dibuat pada penelitian prototipe ini unggul dalam beberapa aspek, antara lain:

- a) Komponen perangkat mudah didapat

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa perangkat yang sulit untuk didapatkan antara lain:

1) Speaker

Speaker yang digunakan pada prototipe ini lebih mudah didapatkan dibanding penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya menggunakan speaker jenis Sonic Pi yang sangat disulit didapat diberbagai toko *online*.



Gambar 4.3.2 Kondisi persediaan speaker yang digunakan pada penelitian lain diberbagai toko online



Gambar 4.3.3 persediaan speaker yang digunakan pada prototipe ini diberbagai toko online

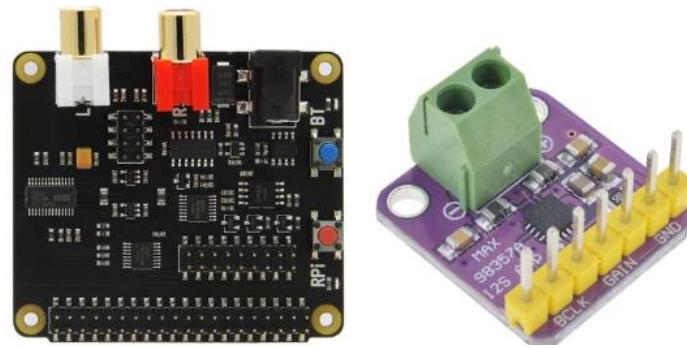
Selain itu speaker berdimensi lebih besar dibanding alat yang dibuat pada penelitian ini sehingga menambah beban keseluruhan alat.



Gambar 4.3.4 Speaker yang digunakan pada prototipe ini

2) *Hifi DAC (Digital Analog Converter) Speaker*

Salah satu Perangkat yang berguna untuk membantu Raspberry Pi untuk menggunakan speaker adalah Hifi DAC. Alat ini berfungsi untuk mengubah sinyal digital menjadi analog karena speaker hanya mengenali sinyal yang berupa analog bukan sinyal biner. Raspberry pada penelitian sebelumnya membutuhkan alat ini yang memiliki dimensi yang besar dan harga yang lebih mahal dibanding DAC yang digunakan pada prototipe penelitian ini yaitu MAX98357.



Gambar 4.3.5 HIFI DAC HAT (Kiri) dan MAX98357DAC (Kanan)

b) Harga Komponen

Perbandingan harga komponen yang digunakan pada penelitian sebelumnya dan juga pada prototipe alat bantu Tunanetra seperti pada table berikut:

Tabel 4.3.1 Tabel perbandingan harga komponen

Nama Komponen	Harga penelitian sebelumnya (Rupiah)	Harga prototipe pada penelitian (Rupiah)
Speaker	240.000	32.000
Raspberry Pi 4 model B	3.050.000	3.050.000
DAC (<i>Digital Analog Converter</i>)	1.250.000	55.000
ESP32 DevKitC v4	-	153.000
ESP32 Cam	-	89.000
Raspberry Pi Camera	483.000	-
Breadboard	-	14.000
MicroSD Adapter	-	6.000
MicroSD Card	68.000	136.000
Jumper Cable	-	19.000
PowerBank	226.000	226.000
USB type C Cable	26.000	26.000

Micro USB	-	30.000
Topi	253.000	17.000
Total	5.596.000	3.853.000

Berdasarkan analisa dan data yang sudah dikumpulkan dapat disimpulkan bahwa prototipe penelitian alat bantu tunanetra memiliki keunggulan dalam segi harga dan kemudahan dalam mendapatkan komponen sehingga prototipe dari penelitian ini menghasilkan sebuah alternatif baru serta menambahkan variasi baru untuk alat pendekripsi objek dalam membantu tunanetra.

4.4. Evaluasi Sistem

Berdasarkan uji coba perangkat penelitian, terdapat beberapa evaluasi yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan berikutnya

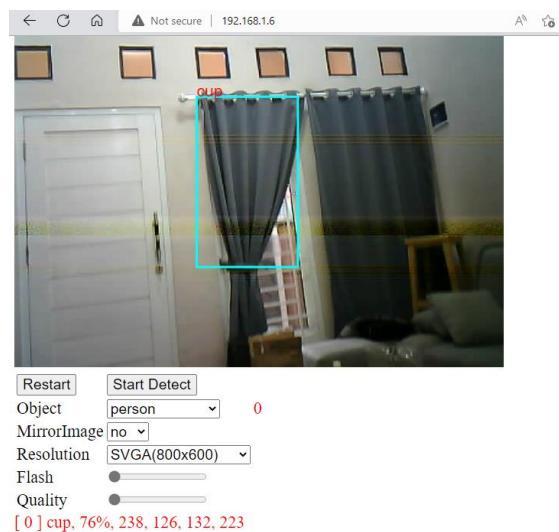
4.4.1. Kemampuan perangkat dalam mendekripsi objek

Berdasarkan pengujian kemampuan pendekripsi objek, *machine learning* mampu mengenali beragam objek disekitar akan tetapi ada beberapa kekurangan yang ditemukan dalam pengujian ini, antara lain:

A. Ketidakakuratan pada pendekripsi objek tertentu

Kemampuan dalam akurasi *machine learning* dapat dipengaruhi banyak hal seperti pada *paper* yang dibuat oleh Won (2021), menurut hasil penelitiannya perangkat objek deteksi yang dibuat memiliki ketidakakuratan dalam kondisi tertentu seperti dataset yang tidak memiliki data objek tertentu, kontras objek dengan objek lainnya yang membuat pola gambar, dan kemampuan pelatihan *machine learning*.

Hal ini dapat menjadi faktor yang terjadi pada penelitian ini. Pada proses pengujian, ditemukan salah deteksi atau gagal deteksi pada beberapa objek tertentu.



Gambar 4.4.1 Kesalahan dalam pendekslsian objek

Kemampuan pengambilan gambar juga dipengaruhi oleh spesifikasi kamera yang digunakan.

4.4.2. Evaluasi Perangkat keras

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras, terdapat evaluasi yang perlu dikembangkan lebih lanjut untuk menyempurnakan perangkat keras.

A. Perangkat keras kamera

Untuk perangkat keras kamera memiliki ketidakmampuan untuk melakukan pendekslsian objek secara cepat karena akan terjadi error ini dikarenakan ESP32-Cam tidak terlalu kuat untuk melakukan operasi cepat atau berat mengingat ESP32-Cam merupakan mikrokontroller kecil dan harga murah dengan spesifikasi yang bisa dibilang cukup untuk melakukan operasi dasar namun tidak kompleks.

B. Perangkat keras speaker

Perangkat keras speaker terdiri dari amplifier, kartu SD modul atau adapter, ESP32 *Board*, dan speaker yang saling bergantung sama lain. Perangkat - perangkat tersebut dalam pengujian yang dilakukan banyak terdapat evaluasi. Pertama speaker tidak mengeluarkan suara menurut spekulasi kami ini disebabkan oleh speaker yang gagal mengeluarkan suara atau spesifikasi dari wav *file* yang belum sesuai dengan spesifikasi perangkat lain atau juga amplifier gagal mengirim sinyal ke speaker. Kedua ESP32 gagal membaca wav

file yang dicari yang ada di kartu mikro SD, menurut spekulasi kami ini karena adapter dari kartu SD kekurangan daya atau kartu SD yang kami miliki salah format.

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Penulis mengambil kesimpulan dari hasil analisis dengan menggunakan data penelitian wawancara dan pengujian prototipe. Berdasarkan penelitian terhadap penerapan prototipe asisten pintar untuk tunanetra menggunakan *machine learning* dan mikrokontroller, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut.

Berdasarkan penelitian pada pengujian prototipe dapat disimpulkan bahwa prototipe pada bagian *machine learning* dapat mengenali objek dengan benar dan memberikan akurasi yang cukup bagus meskipun menghasilkan akurasi yang terkadang kurang tepat dengan objek yang ditangkap oleh kamera namun hasil akan lebih bagus jika objek berada dekat dengan kamera dan objek terlihat dengan jelas. Selain itu pada bagian speaker mengeluarkan suara dengan jelas kepada pengguna dengan volume yang cukup untuk didengar namun suatu waktu tidak dapat mengeluarkan suara dan sebaliknya. Kemudian pengiriman data dari kamera menuju speaker tidak dapat berlangsung dengan cepat ini dikarenakan server tidak dapat menerima data dengan kurun waktu dibawah satu detik dan speaker tidak akan mengeluarkan suara lagi sehingga pendektsian objek diberikan waktu jeda selama satu detik.

Sebagai alat yang akan membantu tunanetra tentunya penulis mendapatkan kesimpulan dari wawancara dengan menguji prototipe ke beberapa orang normal dan tunanetra. Berdasarkan wawancara bahwa prototipe memiliki keunggulan dari alat – alat lain yang pernah digunakan oleh salah satu wawancara kami. Menurutnya ini sebuah inovasi yang tidak ada sebelumnya dan layak untuk dicoba oleh orang banyak terutama tunanetra, hasil pengujian memberikan hasil cukup bagus prototipe mendapat objek yang ditangkap kemudian memperkenalkan objek tersebut dengan mengeluarkan suara dari speaker namun prototipe membutuhkan pengembangan lebih lanjut untuk bisa digunakan baik dari segi pengenalan objek dan suara yang dikeluarkan speaker harus bekerja dengan baik dikarenakan pada saat wawancara suatu waktu prototipe tidak dapat memberikan suara sehingga narasumber yang menguji alat menjadi bingung. Menurut narasumber tunanetra berpendapat bahwa alat ini dapat membantu mereka dalam sehari – hari sebagai pengganti indra penglihatan mereka dan bisa membantu

banyak tunanetra jika saja prototipe berhasil seratus persen bekerja dengan baik layaknya mata dan praktis digunakan.

5.2. Saran

Penelitian ini penulis akui masih sangat banyak kekurangan mengenai pembahasan yang kurang mendalam dalam beberapa uji coba prototipe analisis. Hal ini dikarenakan minimnya pengetahuan penulis. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam menguji coba prototipe maka peneliti dapat memberikan saran terhadap analisis yang dihasilkan. Berikut ini beberapa saran yang diberikan peneliti terkait dengan penelitian dalam makalah ini.

Disarankan untuk kebutuhan penelitian selanjutnya untuk melatih model secara terus menerus untuk menghasilkan akurasi yang lebih bagus, dan mencari tahu spesifikasi suara yang cocok dengan spesifikasi speaker dan perangkat keras lainnya yang saling terhubung untuk menghasilkan audio

Menurut saran seorang tunanetra prototipe lebih baik menggunakan baterai untuk membuat prototipe lebih praktis dan menambahkan alat getar untuk mendeteksi objek atau halangan yang tidak terdeteksi oleh kamera

DAFTAR PUSTAKA

- Aleryan, A. Y. (2016). *Comparative Study between Data Flow Diagram and Use Case Diagram*.
- Alldatasheet.com. (n.d.). ESP32-C datasheet, PDF - Datasheet search engine. Retrieved July 12, 2022, from https://www.alldatasheet.com/view_datasheet.jsp?sSearchword=ESP32-C&aPage=1&sField=0
- API: Pengertian, Jenis, Cara Kerja, Arsitektur, Dan 5 contohnya.* TALENTS. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://www.ekrut.com/media/api-adalah>
- Aquino, E., de Saqui-Sannes, P., & Vingerhoeds, R. (2020). A methodological assistant for use case diagrams. *Proceedings of the 8th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*. <https://doi.org/10.5220/0008938002270236>
- Ashley, D. (2020). Foundation dynamic web pages with python. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6339-6>
- Ayunindya, F. (2022, January 11). *APA ITU HTML? Fungsi dan Cara Kerja HTML*. Hostinger Tutorial. Retrieved July 12, 2022, from https://www.hostinger.co.id/tutorial/apa-itu-html#Pengertian_HTML_dan_Sejarahnya
- Badave, A., Jagtap, R., Kaovasia, R., Rahatwad, S., & Kulkarni, S. (2020). Android based Object Detection System for visually impaired. *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*. <https://doi.org/10.1109/i4tech48345.2020.9102694>
- Barron, A. E., & Tai, D. (1995). *The World Wide Web and HyperText Markup Language*.
- Basics of Uart Communication.* Circuit Basics. (2021, November 14). Retrieved July 14, 2022, from <http://www.circuitbasics.com/basics-uart-communication/>
- Beizer, B. (1990). *Software testing techniques*. Van Nostrand Reinhold.
- Bhandari, P. (2022, February 10). *An introduction to qualitative research*. Scribbr. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.scribbr.com/methodology/qualitative-research/#:~:text=Qualitative%20research%20involves%20collecting%20and,generate%20new%20ideas%20for%20research.>
- Binder, R. (2009). *Testing object-oriented systems: Models, patterns, and Tools*. Addison-Wesley.

- Chinmay, V. S. (2014). *Review Paper on Design and Simulation of UART for Serial Communication.*
- Ciccozzi, F., Malavolta, I., & Selic, B. (2018). Execution of UML models: A systematic review of Research and Practice. *Software & Systems Modeling*, 18(3), 2313–2360. <https://doi.org/10.1007/s10270-018-0675-4>
- Common objects in context.* COCO. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://cocodataset.org/#home>
- DAC (digital to analog converter) : Pengertian, Cara Kerja Dan Fungsinya.* Kamuharustahu. (2021, October 11). Retrieved July 12, 2022, from <https://kamuharustahu.com/pengertian-dac/>
- Danial, L., Wainstein, N., Kraus, S., & Kvatinsky, S. (2018). Didactic: A data-intelligent digital-to-analog converter with a trainable integrated circuit using memristors. *IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, 8(1), 146–158. <https://doi.org/10.1109/jetcas.2017.2780251>
- Dhillon, A., & Verma, G. K. (2019). Convolutional Neural Network: A review of models, methodologies and applications to object detection. *Progress in Artificial Intelligence*, 9(2), 85–112. <https://doi.org/10.1007/s13748-019-00203-0>
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008). Strength of evidence in systematic reviews in software engineering. *Proceedings of the Second ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement - ESEM '08*, 178–187. <https://doi.org/10.1145/1414004.1414034>
- ESP32 - devkitc.* Components101. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://components101.com/microcontrollers/esp32-devkitc>
- Forson, E. (2022, March 13). *Understanding SSD multibox - real-time object detection in deep learning.* Medium. Retrieved July 12, 2022, from <https://towardsdatascience.com/understanding-ssd-multibox-real-time-object-detection-in-deep-learning-495ef744fab>
- Fuady, S., Nehru, N., & Anggraeni, G. (2020). Deteksi Objek menggunakan metode single shot Multibox Detector pada alat bantu Tongkat tunanetra Berbasis Kamera. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.33087/jepca.v3i2.38>
- Gadre, D. V., & Gupta, S. (2017). Universal asynchronous receiver and transmitter (UART). *Getting Started with Tiva ARM Cortex M4 Microcontrollers*, 151–167. https://doi.org/10.1007/978-81-322-3766-2_12
- Geambaşu, , C. V. (2012). *BPMN vs. UML Activity Diagram for Business Process Modeling.*

Guldamlasioglu, S. (2015). *Web-based Information Visualization Using JavaScript* (thesis). Interactive Technology, Tempere.

The inter-IC sound (I2S) protocol. Sound Examples. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://tigoe.github.io/SoundExamples/i2s.html>

Intermedia, B., berkata:, W. W. W. X. M. C., *, N., Baharsyah, byA. N., Baharsyah, A. N., & Intermedia, byB. (2022, January 14). *Apa Itu Api? Pengertian, Jenis, Cara Kerja, Manfaat & Contoh.* Blog Jagoan Hosting | Tutorial Website & Web Hosting Indonesia. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.jagoanhosting.com/blog/apa-itu-web-api/>

Jacobson, I. (1992). *Object-oriented software engineering*. Addison-Wesley.

justAuser, MELCHOR, N. R. E. D. O. N. D. O., Santos, S., Dennis, Esayas, M., Santos, R., Alvim, E., Ignat, M., Budiwan, Ashish, Eduardo, Avi, Reynolds, N., Brabec, S., Shouman, W., Joey, ens4dz, H., B., Jim, ... Mk. (2020, August 4). *ESP32-cam ai-thinker Pinout Guide: Gpios usage explained*. Random Nerd Tutorials. Retrieved July 12, 2022, from <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/>

Kho, D. (2017, July 22). *Pengertian speaker Dan Prinsip Kerja speaker (Pengeras Suara)*. Teknik Elektronika. Retrieved July 12, 2022, from <https://teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker/>

Kho, D. (2021, February 1). *Pengertian DAC (digital to analog converter) Dan Cara Kerjanya*. Teknik Elektronika. Retrieved July 12, 2022, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-dac-digital-to-analog-converter-cara-kerja-dac/>

Kiruba, G. J. P. J., Kumar, T. C. M., Kavithrashree, S., & Kumar, G. A. (2018). *Smart Electronic Walking Stick for Blind People*, 7(3). <https://doi.org/10.15662/IJAREEIE.2018.0703026>

Konaite, M., Owolawi, P. A., Mapayi, T., Malele, V., Odeyemi, K., Aiyyetoro, G., & Ojo, J. S. (2021). Smart hat for the blind with real-time object detection using Raspberry Pi and tensorflow lite. *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Its Applications*. <https://doi.org/10.1145/3487923.3487929>

Kramer, J. (2017). *Python -The Fastest Growing Programming Language*.

Kumar, A., Zhang, Z. J., & Lyu, H. (2020). Object detection in real time based on improved single shot multi-box detector algorithm. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-020-01826-x>

Lawrence, A. (2022, June 7). *API: Pengertian, Fungsi, Dan Cara Kerjanya*. Niagahoster Blog. Retrieved July 12, 2022, from https://www.niagahoster.co.id/blog/api-adalah/#Apa_itu_API

- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. *Computer Vision – ECCV 2016*, 21–37. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
- Magalhães, S. A., Castro, L., Moreira, G., dos Santos, F. N., Cunha, M., Dias, J., & Moreira, A. P. (2021). Evaluating the single-shot MultiBox detector and Yolo Deep Learning models for the detection of tomatoes in a Greenhouse. *Sensors*, 21(10), 3569. <https://doi.org/10.3390/s21103569>
- Meng, M., Steinhardt, S., & Schubert, A. (2017). Application programming interface documentation: What do software developers want? *Journal of Technical Writing and Communication*, 48(3), 295–330. <https://doi.org/10.1177/0047281617721853>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The Prisma statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moleong, L. J. (2018). *Metodologi penelitian kualitatif* (Revisi, Vol. 38). PT Remaja Rosdakarya.
- Narkhede, S. (2021, June 15). *Understanding confusion matrix*. Medium. Retrieved September 2, 2022, from <https://towardsdatascience.com/understanding-confusion-matrix-a9ad42dcfd62>
- Narkhede, S. (2021, June 15). *Understanding confusion matrix*. Medium. Retrieved September 2, 2022, from <https://towardsdatascience.com/understanding-confusion-matrix-a9ad42dcfd62>
- Nasehudin, T. S., & Gozali, N. (2012). In *Metode Penelitian Kuantitatif*. introduction, Pustaka Setia.
- Ndaumanu, F. (2020). Hak penyandang disabilitas: Antara Tanggung Jawab Dan Pelaksanaan Oleh pemerintah daerah. *Jurnal HAM*, 11(1), 131. <https://doi.org/10.30641/ham.2020.11.131-150>
- Panigrahi, S. S., Shaurya, S., Das, P., Swain, A. K., & Jena, A. K. (2018). Test scenarios generation using UML sequence diagram. *2018 International Conference on Information Technology (ICIT)*. <https://doi.org/10.1109/icit.2018.00022>
- Pengantar Spi, I2C, UART, i2s, GPIO, SDIO, can. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <http://id.fmuser.org/news/IPTV-encoder/Introduction-to-SPI-I2C-UART-I2S-GPIO-SDIO-CAN/>
- Perbedaan Antara I2C Dan I2s*. Shenzhen Feasycom Co, Ltd. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <http://id.feasyblue.com/info/the-difference-between-i2c-and-i2s-49387245.html>

- Pressman, R. S. (2010). *Software engineering: A practitioner's approach*. McGraw-Hill Higher Education.
- Progmem. PROGMEM - Arduino Reference.* (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/utilities/progmem/>
- Pusat Bahasa, Departemen Pendidikan Nasional. (2001). *Kamus Besar Bahasa Indonesia: Edisi Ketiga*.
- Putra, L., Michael, Yudishtira, & Kanigoro, B. (2015). Design and implementation of web based home electrical appliance monitoring, diagnosing, and controlling system. *Procedia Computer Science*, 59, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.335>
- Riska AmaliyahPerempuan yang periang dan ekspresif. Lebih suka menyibukkan diri daripada berdiam diri. (n.d.). Nesabamedia. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.nesabamedia.com/pengertian-dac-dan-fungsi-dac/>
- Sahoo, N., Lin, H.-W., & Chang, Y.-H. (2019). Design and implementation of a walking stick aid for visually challenged people. *Sensors*, 19(1), 130. <https://doi.org/10.3390/s19010130>
- Sandisk. (n.d.). *SandDisk industrial microSD card datasheet*. Retrieved July 14, 2022, from <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/91tTtUMDM3L.pdf>
- Sativa, S., & Bactiar, Y. B. (2020). Kajian TERHADAP Aksesibilitas fisik Bagi Tunanetra Dan Tunadaksa di Gedung LPPMP UNY. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik SIpil Dan Arsitektur*, 16(1), 85–91. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31318>
- Siau, K., & Cao, Q. (2001). Unified modeling language. *Journal of Database Management*, 12(1), 26–34. <https://doi.org/10.4018/jdm.2001010103>
- Sidik, S. A., Mulia, D., Listyaningtyas, R., Sundari, S., & Sodikin, D. N. (2020). *Penerapan Low Cost Assistive Technology Untuk Peningkatan Kemampuan Orientasi Dan Mobilitas Penyandang Tunanetra*. <https://doi.org/10.30870/unik.v5i1.8589>
- Silaparasetty, N. (2020). Machine learning programming with tensorflow 2.0. *Machine Learning Concepts with Python and the Jupyter Notebook Environment*, 215–277. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5967-2_11
- Sudharshan, D. P., & Raj, S. (2018). Object recognition in images using convolutional neural network. *2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. <https://doi.org/10.1109/icisc.2018.8398893>
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- SULTANA, Y. (2018). *Open-Source Audio Platform for Embedded Systems* (thesis).

- Team, T. A. (n.d.). *Wave playback: Arduino documentation*. Arduino Documentation | Arduino Documentation. Retrieved July 12, 2022, from <https://docs.arduino.cc/tutorials/generic/wave-playback>
- Tensorflow. (n.d.). *Tfjs-models/coco-SSD at master · Tensorflow/tfjs-models*. GitHub. Retrieved July 12, 2022, from <https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/coco-ssd>
- Tensorflow.js models*. TensorFlow. (n.d.). Retrieved July 12, 2022, from <https://www.tensorflow.org/js/models>
- UML class diagram tutorial. (n.d.). Retrieved July 14, 2022, from <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/uml-class-diagram-tutorial/>
- Walidin, W., S, S., & ZA, S. (2015). In *Metodologi Penelitian Kualitatif & Grounded Theory* (pp. 77–77). essay, FTK Ar-Raniry Press.
- What is a Raspberry Pi?* Raspberry Pi. (2015, August 20). Retrieved July 12, 2022, from <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- What is sequence diagram? (n.d.). Retrieved July 14, 2022, from <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/what-is-sequence-diagram/>
- Won, W.-C., Yong, Y.-L., & Khor, K.-C. (2021). Object detection and recognition for visually impaired users: A transfer learning approach. *2021 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS)*. <https://doi.org/10.1109/aidas53897.2021.9574220>
- Won, W.-C., Yong, Y.-L., & Khor, K.-C. (2021). Object detection and recognition for visually impaired users: A transfer learning approach. *2021 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS)*. <https://doi.org/10.1109/aidas53897.2021.9574220>
- Written By Dr. Maria Susan Anggreany, Anggreany, D. M. S., & Concentration Content Coordinator – Software Engineering | School of Computer Science. (n.d.). *Confusion matrix*. School of Computer Science. Retrieved September 2, 2022, from <https://socscs.binus.ac.id/2020/11/01/confusion-matrix/>
- Xo, S. (2022, April 19). *✓ pengertian speaker Adalah - Fungsi, Sejarah & Cara Kerja*. INFOMASE.COM | Media Belajar No #1. Retrieved July 12, 2022, from <https://www.infomase.com/pengertian-speaker/>
- Xu, J., Zhang, Y., & Miao, D. (2020). Three-way confusion matrix for classification: A measure driven view. *Information Sciences*, 507, 772–794. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.06.064>
- Yang, K., Wang, K., Bergasa, L., Romera, E., Hu, W., Sun, D., Sun, J., Cheng, R., Chen, T., & López, E. (2018). Unifying terrain awareness for the visually

- impaired through real-time semantic segmentation. *Sensors*, 18(5), 1506. <https://doi.org/10.3390/s18051506>
- Yılmaz , O. (2006). *Sağlık Bilimlerinde Süreli Yayıncılık 4. Ulusal Sempozyumu*, 49–52.
- Yuan, Z., Yan, L., & Ma, Z. (2019). Structural similarity measure between UML class diagrams based on UCG. *Requirements Engineering*, 25(2), 213–229. <https://doi.org/10.1007/s00766-019-00317-w>
- Zamisyak, O., Indobot Academy, & Update, I. (2022, January 14). *Mengenal ESP32-Cam Dan Bagaimana Cara Menggunakannya*. Indobot Academy. Retrieved July 12, 2022, from <https://indobot.co.id/blog/mengenal-esp32-cam-dan-bagaimana-cara-menggunakannya/>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Wawancara Dengan Penderita Tunanetra



(Uji coba prototipe kepada penderita Tunanetra)



(Uji coba prototipe kepada Non-Tunanetra)

Lampiran 2 Harga Survei Komponen Pembuatan Prototipe

15:27 89% ■

← Riwayat Detail Produk

Baseus

Digital Display 3A
Power Bank 10000mAh

12 Month Guarantee

- 10000mAh / 3.7V
- USB + Type C
- Dual Input & 4 Output
- 15W High power output
- LED mirror digital display
- ABS+PC

CHRIST COLLECTIONS
NEED SOMETHING ? DON'T FORGET TO CONTACT US

Berikut tampilan detail produk yang dipesan pada tanggal
09 Jun 2022; 21:06

Rp 226.000

BASEUS FAST CHARGING MINI POWER BANK LED DIGITAL 3A 15W 10.000MAH - type c- hitam

ChristCollections7

(PowerBank)

15:24 🔍 90%

← Cari microSD Card di Tokop... 🔍 ⚡ ⚡

SanDisk®
official store



Selalu OS

Rp68.000 BEBAS DENGKIR

41% Rp115.000

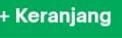
SanDisk Ultra MicroSD 16GB A1 98MB/s

Stok tersisa <10, beli segera!

Terjual 9.073 ★ 4.9 (3.719) Foto Pembeli (562) Diskusi (

Terlaris #18 di microSD Card >

 Ada cashback hingga Rp30.000 >
Avo nakai promonya biar makin hemat!

 **Beli Langsung**  + Keranjang

||| □ <

(Micro SD Card)

15:20 90%

← Riwayat Detail Produk

CNC STORE

Prototype Breadboard 830 Point

MB-102 Solderless 830P BREADBOARD

Berikut tampilan detail produk yang dipesan pada tanggal
22 Feb 2022; 09:22

Rp 13.900

[CNC] BREADBOARD MB-102 SOLDERLESS 830 830P

CNC STORE BANDUNG

[Detail Produk](#)

[Lihat Halaman Produk](#)

||| □ <

(Breadboard)

15:12 91% ■

← Cari Lainnya di Tokopedia ⌂ ⌂ ⌂

ESP32-WROOM-32U ESP32-WROOM-32D

MECHATRON

Rp76.500 BEBAS DENGKIR

ESP32 DevKitC V4 ESP32-WROOM-32D
ESP32-WROOM-32U IOT WROOM 32D 32U - 32D

Terjual 754 ★ 4.9 (192) Foto Pembeli (17) Diskusi (10)

Ada cashback hingga Rp30.000 Ayo pakai promonya biar makin hemat! >

Pilih varian: 3 ukuran Lihat Semua

32U 32U + Antenna 32D

Beli langsung pakai Paylater Lihat Semua

Bayar 31 hari lagi

Beli Langsung + Keranjang

III □ <

(ESP32 DevKitC V4)



(Speaker)

Bitzen

Topi baseball golf Korean Fashion cap Sport Polos Untuk Pria Wanita - Hitam
Terjual 4 rb+ • ★ 4.8 (1.268 rating) • Diskusi (15)

Rp17.000

Detail

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 90 g
Kategori: **Topi Baseball**
Etalase: **Topi**

Spesifikasi:

- Material: Katun
- Dimensi:
- Ukuran size adjustable untuk lingkar kepala : 54-60 +/- 1cm
- Tinggi : 11 +/- 1cm
- Visor/brim/lidah topi : 8 +/- 1cm
- Pilihan logo : EDIKO

... [Lihat Selengkapnya](#)

(Topi)



UGREEN Kabel Charger Data Micro USB Cable Fast Charging 2.4A Oppo Vivo - BLACK - 25CM
Terjual 100+ • ★ 5 (47 rating)

Rp14.150

29% Rp20.000

[Detail](#) [Info Penting](#)

Kondisi: Baru

Berat Satuan: 100 g

Kategori: [Kabel Data](#)

Etalase: [UGREEN](#)

★ UGREEN Garansi Pemakaian 1 Tahun ★

Syarat & Ketentuan Klaim Garansi:
 *Barang Tidak Cacat Fisik dan Rusak karena human error (putus, pecah, sobek, kena air, terbakar, retak, dll)
 *Wajib membawa Unit Barang dan Invoice Pembelian
 * Segel Toko tidak hilang (Barang sudah di tempel segel dan QC sebelum kirim)..
[Lihat Selengkapnya](#)

(Micro USB Cable)



USAMS U26 KABEL DATA TYPE C FAST CHARGING & LED INDIKATOR - Hitam

Terjual 10 rb+ • ★ 4.9 (13,8rb rating) • Diskusi (400)

Rp26.500

32% Rp39.000

[Detail](#) [Info Penting](#)

Kondisi: Baru

Berat Satuan: 100 g

Kategori: [Kabel Data](#)

Etalase: [Kabel Data](#)

USAMS U26 KABEL DATA TYPE C FAST CHARGING & LED INDIKATOR

Kabel Usams U26 for Type C adalah Kabel berbungkus kain(Braided), Sehingga tidak menguning dan dapat digunakan jangka waktu lama. Setiap kabel di berikan packaging tabung mika transparan, sehingga memudahkan penggunaanya membawa dan menjadi tidak kusut

[SPESIFIKASI..](#)

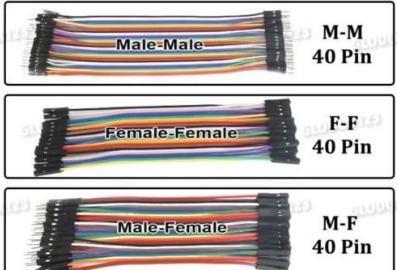
[Lihat Selengkapnya](#)

(USB C Cable)

3:35 5G 70% 

← Cari Kabel & Konektor Audi... 🔍 1 ⚙

KABEL JUMPER DUPONT
Pitch 2.5mm
Panjang 20cm



1/4 

Tokopedia Tekno

Rp9.150 BEBAS ONGKIR 

40Pcs Jumper Cable Kabel 20cm Male to Male, Female to Female Arduino - Female-Female, Tanpa Bubble

Terjual 13,8 rb  Foto Pembeli (38) Diskusi (1)

Pilih varian: 3 warna, 2 ukuran [Lihat Semua](#)

[Male-Female](#) [Male-Male](#) [Female-Female](#)

 [Beli Langsung](#)  + Keranjang

(Jumper Cable)

3:40 70%

← Riwayat Detail Produk

DX-TRONICS



Berikut tampilan detail produk yang dipesan pada tanggal
26 Feb 2022; 10:53

Rp 5.900

MicroSD Card Reader Writer Module for
Arduino Micro SD

DX-tronics

Detail produk

Lihat Halaman Produk

||| □ <

(Micro SD Adapter)

3:39 70%
← Riwayat Detail Produk

i2S dac decoder

Berikut tampilan detail produk yang dipesan pada tanggal
24 Jun 2022; 08:32

Rp 54.200
MAX98357 I2S DAC Audio Decoder - MAX 98357

DigiBot Indo

Detail produk

Lihat Halaman Produk

||| ⌂ <

(MAX98357 DAC)



(ESP32 Cam)

3:41 69%
← Cari Komputer Rakitan di To... ⌂ ⌂ 1

Raspberry Pi 4B Ram 4 GB Free Heatsink



1/4 BREAKNECK
Tokopedia Tekno

Rp3.050.000 BEBAS DENGKIR

Raspberry Pi 4 Model B Ram 4 Giga

Terjual 610 ★ 4.9 (197) Foto Pembeli (50) Diskusi (31)

Beli langsung pakai Paylater Lihat Semua

Bayar 31 hari lagi Cicil 12x Rp302.007
Daftar Sekarang Daftar Sekarang

Beli Langsung + Keranjang

III □ <

(Raspberry Pi 4 Model B 4 GB)

Lampiran 3 Harga Survei Komponen Pembuatan Pada Penelitian Sebelumnya

3:41 3G 69% ← Cari Komputer Rakitan di To... 🔍 1 ⚙

Raspberry Pi 4B Ram 4 GB Free Heatsink



1/4 BREAKNECK

Tokopedia Tekno

Rp3.050.000 BEBAS ONGKIR

Raspberry Pi 4 Model B Ram 4 Giga

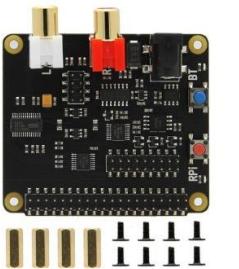
Terjual 610 ★ 4.9 (197) Foto Pembeli (50) Diskusi (31)

Beli langsung pakai Paylater Lihat Semua

Bayar 31 hari lagi Cicil 12x Rp302.007
Daftar Sekarang Daftar Sekarang

💬 Beli Langsung + Keranjang

(Raspberry Pi 4 Model B 4 GB)



X930 HIFI DAC HAT Expansion Board for Raspberry PI ERNZ

2 orang melihat barang ini

Rp1.246.770

[Detail](#) [Info Penting](#)

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 903 g
Waktu Preorder: 20 Hari
Kategori: [Lainnya](#)
Etalase: [Semua Etalase](#)

X930 HIFI DAC HAT Expansion Board for Raspberry PI ERNZ
Kami Menyediakan Berbagai Macam Barang Berkualitas

- Item Tersedia
- Pengiriman 6-15 hari sampai
- Hub Kami Memanyakan Variasi Barang
- Brand Name : Geekbord
- Accessory Type : Extension Board...

[Lihat Selengkapnya](#)

(HiFi DAC HAT)

USAMS U26 KABEL DATA TYPE C FAST CHARGING & LED INDIKATOR - Hitam

Terjual 10 rb+ • ★ 4.9 (13,8rb rating) • Diskusi (400)

Rp26.500
32% Rp39.000

[Detail](#) [Info Penting](#)

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 100 g
Kategori: [Kabel Data](#)
Etalase: [Kabel Data](#)

USAMS U26 KABEL DATA TYPE C FAST CHARGING & LED INDIKATOR

Kabel Usams U26 for Type C adalah Kabel berbungkus kain(Braided), Sehingga tidak menguning dan dapat digunakan jangka waktu lama. Setiap kabel di berikan packaging tabung mika transparan, sehingga memudahkan penggunanya membawa dan menjadi tidak kusut

SPECIFIKASI..
[Lihat Selengkapnya](#)

(USB C Cable)

15:27 89%

← Riwayat Detail Produk**Baseus**

- 10000mAh / 3.7V
- USB + Type C
- Dual Input & 4 Output
- 15W High power output
- LED mirror digital display
- ABS+ PC

Digital Display 3A
Power Bank 10000mAh**CHRIST COLLECTIONS**

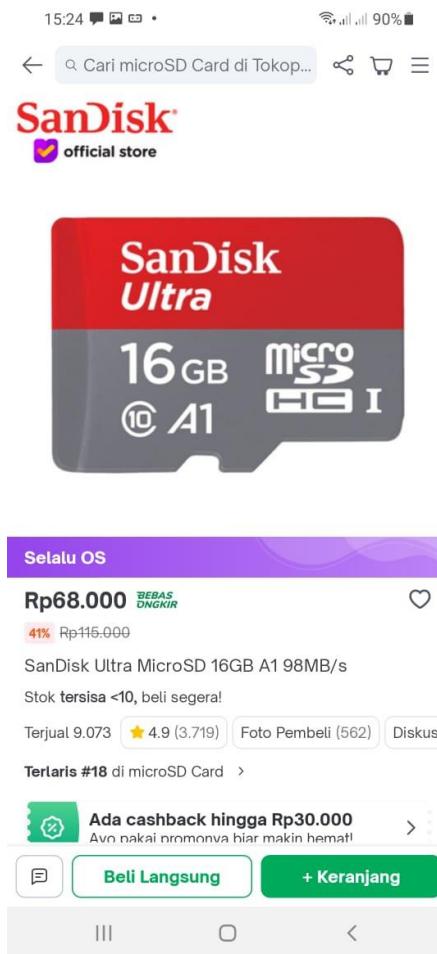
NEED SOMETHING? DON'T FORGET TO CONTACT US

● ● ●

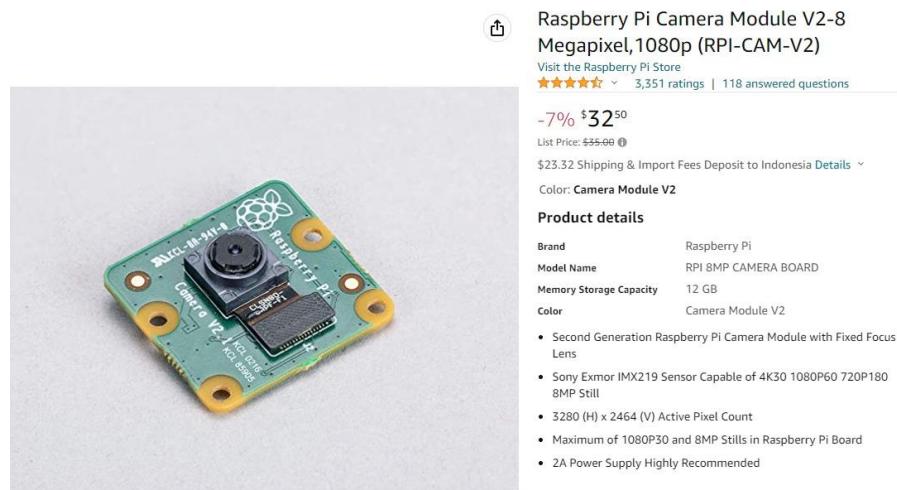
Berikut tampilan detail produk yang dipesan pada tanggal
09 Jun 2022; 21:06**Rp 226.000**

BASEUS FAST CHARGING MINI POWER BANK LED DIGITAL 3A 15W 10.000MAH - type c- hitam

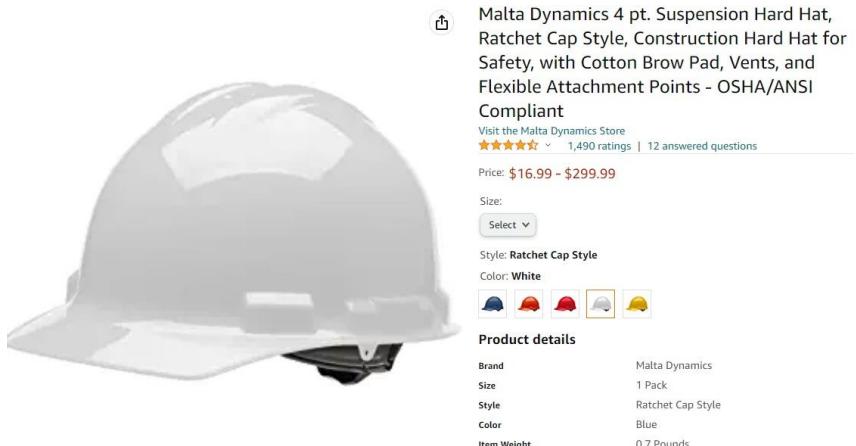
(Power Bank)



(Micro SD Card)



(Raspberry Pi Camera)

**(Construction Hat)**

Sonic Pi / HATs & Add-Ons PIS-0130

Mini Portable Speaker for the Raspberry Pi

★★★★★ | 1 answered question

A cute, portable speaker for the Raspberry Pi that packs a punch. Available in an attractive red color. It is...

[More Info](#)

Quantity

£14.00 GBP
£11.67 GBP ex VAT

Out of stock

(Sonic Pi Speaker / Speaker Raspberry Pi)