

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indra penglihatan merupakan salah satu hal paling vital bagi manusia dalam memahami dan berinteraksi dengan dunia di sekitarnya [1]. Melalui kemampuan menangkap dan menginterpretasikan rangsangan cahaya, manusia dapat mengenali bentuk, warna, serta pergerakan objek secara cepat sebagai fondasi utama dalam menjalani aktivitas sehari-hari secara aman, efisien, dan mandiri. Namun, ketika fungsi penglihatan mengalami gangguan atau bahkan hilang sepenuhnya, seperti yang dialami oleh penyandang tunanetra, muncul berbagai tantangan serius yang memengaruhi cara individu dalam berinteraksi dan menavigasi lingkungan sekitarnya. Berdasarkan tingkat gangguannya, tunanetra dibagi menjadi dua jenis: tunanetra total yang sama sekali tidak mampu menerima rangsang cahaya, dan tunanetra *low vision* yang memiliki ketajaman penglihatan sangat terbatas yakni 6/21 atau lebih buruk, di mana individu hanya mampu mengenali objek dari jarak 6 meter yang seharusnya dapat dilakukan dari 21 meter oleh orang dengan penglihatan normal [2]. Bagi kedua kelompok ini, keterbatasan persepsi visual mengubah kegiatan sederhana seperti berjalan di tempat umum menjadi tugas yang rumit dan berisiko, sehingga menghambat kebebasan mereka untuk beraktivitas secara mandiri.

Tantangan ini menjadi sangat relevan dalam konteks Indonesia. Penelitian dari *Australia-Indonesia Disability Research and Advocacy Network (AIDRAN)*

pada 2023 menyatakan bahwa penyandang tunanetra di Indonesia mencapai 4 juta jiwa atau 1,5 persen dari total penduduk, menjadikannya salah satu kelompok disabilitas dengan populasi terbesar di negeri ini [3]. Tingginya angka ini dipengaruhi oleh berbagai faktor medis yang dapat terjadi pada tiga fase kehidupan: pranatal akibat kelainan genetik atau infeksi virus *rubella* [4], natal akibat proses persalinan yang sulit sehingga menyebabkan kerusakan pada saraf penglihatan [5], serta pascanatal karena penyakit seperti glaukoma, katarak, atau diabetes melitus [6]. Kondisi ini diperparah oleh minimnya akses layanan kesehatan mata, keterlambatan penanganan medis, rendahnya kesadaran masyarakat, hingga kecelakaan kerja di sektor industri dan konstruksi yang tidak menerapkan standar keselamatan memadai.

Permasalahan fundamental yang dihadapi penyandang tunanetra terletak pada ketergantungan tinggi terhadap indra pendengaran dan peraba untuk mengenali lingkungan, yang sering kali tidak memberikan informasi spasial secara lengkap dan cepat [7]. Di ruang publik, kondisi ini mempersulit identifikasi objek, arah jalan, maupun tulisan. Tantangan ini semakin diperparah oleh kondisi lingkungan Indonesia, di mana fasilitas aksesibilitas seperti jalur pemandu (*guiding block*) kerap tidak memadai, terhalang, atau beralih fungsi menjadi area berjualan. Esensi kemandirian bagi penyandang tunanetra sejatinya juga melampaui navigasi fisik semata, mencakup pula interaksi transaksional dan informasional dalam kehidupan sehari-hari. Mereka kerap menghadapi kendala dalam mengenali nominal mata uang, mengakses informasi tekstual pada dokumen atau papan pengumuman, hingga mengidentifikasi jenis, warna, dan motif pakaian secara mandiri.

Ketidakmampuan melakukan verifikasi visual ini memaksa mereka bergantung sepenuhnya pada orang lain dalam situasi krusial, yang tidak hanya mereduksi privasi tetapi juga membuka celah kerentanan terhadap penipuan, serta pada akhirnya menimbulkan kecemasan, berkurangnya kepercayaan diri, dan terbatasnya akses terhadap pendidikan, pekerjaan, maupun partisipasi sosial [8].

Keterbatasan solusi yang ada saat ini semakin menegaskan urgensi penelitian ini. Tongkat putih sebagai alat bantu paling umum hanya mampu mendeteksi rintangan pada level rendah tanpa dapat memberikan informasi jenis objek maupun kondisi medan. Anjing pemandu memiliki biaya pengadaan dan pemeliharaan yang sangat tinggi serta ketersediaan yang sangat langka di Indonesia. Akibatnya, hanya sekitar 11,7% penyandang disabilitas di Indonesia yang menggunakan perangkat bantu penglihatan pada 2023 [9], sementara ketergantungan pada orang lain terus mengurangi kemandirian dan privasi. Lebih jauh, solusi-solusi tersebut bersifat parsial dan tidak terintegrasi: tongkat putih hanya menangani navigasi fisik tingkat dasar, sementara kebutuhan transaksional seperti pengenalan uang dan pembacaan teks sama sekali tidak terfasilitasi. Kondisi ini menciptakan kekosongan solusi yang nyata di mana teknologi seharusnya mampu mengisi peran tersebut, namun belum ada yang hadir dalam satu platform terpadu yang benar-benar menjawab kompleksitas kebutuhan tunanetra secara menyeluruh.

Kemajuan pesat dalam teknologi komputasi *mobile* dan kecerdasan buatan (AI) membuka peluang konkret untuk mengisi kekosongan tersebut hari ini. *Smartphone* muncul sebagai platform yang paling valid dan ideal, mengingat tingkat kepemilikannya yang tinggi bahkan di kalangan penyandang disabilitas di

Indonesia. Pengguna dengan hambatan penglihatan sangat mengandalkan pembaca layar (*screen reader*) seperti *TalkBack* untuk seluruh interaksi mereka dengan perangkat. Dalam praktiknya, penyandang tunanetra memiliki pola penggunaan *Text-to-Speech* (TTS) yang berbeda dari pengguna pada umumnya. Sebuah studi UX menunjukkan bahwa untuk aktivitas faktual dan navigasi, pengguna yang sudah berpengalaman menuntut efisiensi maksimal, sehingga menempatkan tingkat kejelasan suara (*intelligibility*) pada kecepatan bicara yang sangat tinggi (*fast speaking rates*) dan latensi rendah sebagai prioritas utama dibandingkan kualitas akustik atau seberapa natural suara tersebut terdengar. Sementara itu, pengguna yang baru beradaptasi dengan teknologi cenderung memilih kecepatan bicara yang lebih natural [10]. Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan teknologi yang signifikan pada solusi yang ada. Mayoritas aplikasi hanya berfokus pada satu aspek tunggal deteksi objek umum atau navigasi GPS semata tanpa konteks spasial maupun pemahaman situasional. Penelitian terkini seperti "*Navigation Framework for Blind and Visually Impaired Persons based on Sensor Fusion*" oleh Silva & Wimalaratne pun baru sebatas mengusulkan kerangka konseptual integrasi sensor, tanpa mewujudkannya dalam satu sistem fungsional yang utuh [11]. Belum ada satu pun solusi yang berhasil mengkonsolidasikan deteksi objek *real-time*, analisis medan, estimasi jarak per objek, navigasi *turn-by-turn*, pengenalan mata uang, pembacaan teks, dan analisis kontekstual berbasis AI dalam satu platform *mobile* yang kohesif dan aksesibel khususnya yang dirancang dengan mempertimbangkan konteks infrastruktur dan kebutuhan spesifik pengguna di Indonesia.

Berangkat dari kesenjangan itulah, penelitian ini hadir dengan kontribusi yang secara fundamental berbeda dari pendekatan sebelumnya: bukan sekadar menambahkan fitur pada sistem yang sudah ada, melainkan merancang dan membangun arsitektur sistem persepsi visual terpadu yang bekerja secara simultan dan *real-time* pada platform *Android*. Sistem ini mengintegrasikan YOLOv11 untuk deteksi multi-objek berkecepatan tinggi, model analisis medan untuk pemahaman permukaan dan identifikasi rintangan kompleks seperti tangga atau lubang, serta metode geometris *Triangle Similarity* untuk menghasilkan estimasi jarak akurat dari kamera ke setiap objek terdeteksi memberikan informasi spasial tiga dimensi yang selama ini tidak tersedia pada solusi sejenis. Keunggulan sistem ini diperkuat lebih lanjut oleh modul *Optical Character Recognition* (OCR) untuk konversi teks lingkungan menjadi suara, deteksi nominal mata uang Rupiah yang dilokalkan untuk konteks Indonesia, serta kemampuan analisis citra kontekstual berbasis *Large Language Model* melalui *Gemini API* yang memungkinkan deskripsi lingkungan secara naratif, tanya jawab terhadap dokumen, dan identifikasi pakaian secara mandiri. Seluruh kapabilitas ini disajikan melalui antarmuka suara (*text-to-speech*) yang sepenuhnya aksesibel, menjadikan sistem ini bukan sekadar alat bantu navigasi, melainkan asisten visual cerdas komprehensif pertama berbasis Android yang dirancang secara khusus untuk menjawab kompleksitas kebutuhan fungsional penyandang tunanetra dalam konteks Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terlihat adanya kesenjangan antara kebutuhan penyandang tunanetra akan sistem navigasi yang menyeluruh

dengan keterbatasan solusi teknologi yang ada saat ini. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi ini dirancang untuk menjawab permasalahan-permasalahan melalui pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sistem deteksi objek, medan, dan navigasi yang berjalan secara simultan dan *real-time* di *smartphone*?
2. Bagaimana menghasilkan estimasi jarak tanpa menggunakan sensor LiDAR atau kamera *stereo*?
3. Bagaimana menyatukan kapabilitas AI (*Computer Vision & Generative AI*) dalam satu antarmuka *text-to-speech* yang menyeluruh?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan luasnya tantangan dan kompleksitas teknologi yang terlibat dalam pengembangan sistem navigasi cerdas, maka diperlukan adanya pembatasan masalah yang jelas agar pengembangan aplikasi ini dapat terlaksana secara fokus, terukur, dan mendalam. Dengan demikian, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada aspek-aspek berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi aplikasi untuk platform *mobile Android*. Sistem dirancang untuk memanfaatkan sensor internal perangkat (kamera, GPS) dan tidak melibatkan penggunaan perangkat keras eksternal tambahan seperti kamera *stereo* atau sensor LiDAR.
2. Sistem persepsi visual dibangun menggunakan arsitektur yaitu YOLOv11 untuk deteksi objek dan untuk deteksi rintangan diluar ruangan untuk analisis

medan. Penelitian ini tidak melakukan studi perbandingan dengan arsitektur model *deep learning* lainnya.

3. Metode yang digunakan untuk menghitung estimasi jarak adalah *Triangle Similarity*, yang perhitungannya didasarkan pada parameter hasil kalibrasi kamera dan *output* dari model deteksi objek. Penelitian ini tidak mengeksplorasi metode estimasi jarak alternatif.
4. Kemampuan deteksi sistem difokuskan pada kategori objek dan rintangan yang sudah ada pada model *pretrained* YOLOv11 dengan *Dataset* COCO. Penelitian tidak bertujuan untuk mendeteksi seluruh variasi objek yang mungkin ada.
5. Fitur panduan navigasi *turn-by-turn* diimplementasikan dengan mengandalkan data rute dari *Application Programming Interface* (API) eksternal, yaitu *Google Maps Platform*. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan algoritma pemetaan (*mapping*) atau penentuan rute (*routing*) dari awal.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah solusi teknologi asistif yang menyeluruh dan terintegrasi untuk meningkatkan kemandirian mobilitas penyandang tunanetra. Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sebuah sistem persepsi visual berbasis arsitektur *computer vision* pada platform Android, yang mampu melakukan deteksi objek, analisis medan dan navigasi *turn-by-turn* secara simultan dan *real-time*.
2. Mengimplementasikan dan menghasilkan estimasi jarak yang akurat terhadap objek yang terdeteksi, guna memberikan informasi spasial yang krusial bagi keselamatan navigasi pengguna menggunakan metode *Triangle Similarity*.
3. Mengintegrasikan sistem persepsi visual cerdas dengan deteksi objek, layanan navigasi, pengenalan mata uang, pembacaan teks dan menyajikannya dalam sebuah aplikasi Android yang utuh dengan output suara (*text-to-speech*) yang aksesibel dan informatif.

1.4.2 Manfaat

Pengembangan aplikasi ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membantu penyandang tunanetra dalam melakukan mobilitas secara lebih mandiri dan aman melalui dukungan sistem navigasi cerdas yang mampu mengenali objek, medan, memberikan panduan arah berbasis suara secara *real-time* di ruang publik, serta membantu proses transaksi dan pengambilan informasi.
2. Menyediakan sistem panduan non-visual dengan estimasi jarak berbasis audio yang berfungsi membantu pengguna dalam mengenali dan melokalisasi objek di sekitar mereka secara akurat.

3. Meningkatkan pengetahuan dan wawasan dalam menganalisis dan menyelesaikan masalah-masalah yang ada.

1.5 Tinjauan Pustaka

Sebagai landasan teoritis dan ilmiah dalam penelitian ini, diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai konsep, teori, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dibahas berbagai literatur yang berkaitan dengan sistem navigasi untuk penyandang tunanetra, teknologi *Computer Vision*, *Deep Learning*, serta integrasi metode deteksi objek dan analisis medan berbasis citra digital.

Penelitian pertama membahas bahwa sebagian besar metode navigasi yang ada saat ini tidak dapat digunakan oleh penyandang tunanetra, sehingga diperlukan alat/aplikasi pendeteksi objek yang dapat dioperasikan dengan panduan non-visual seperti umpan balik suara dan informasi jarak tempuh agar pengguna dapat mengenali objek di depannya dan meningkatkan kemandirian. Penelitian ini bertujuan merancang sistem antarmuka aplikasi *mobile* pendeteksi objek yang dapat dioperasikan secara nonvisual untuk memberikan panduan suara dan informasi jarak tempuh bagi penggunanya. Dalam pengembangannya, penelitian ini mengaplikasikan pendekatan deskriptif dan studi pustaka yang diintegrasikan dengan metode *User-Centered Design* (UCD), yang mencakup tahapan pemahaman konteks penggunaan, identifikasi kebutuhan pengguna, pembuatan prototipe, hingga evaluasi desain secara langsung oleh pengguna tunanetra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendeteksi objek yang dirancang mampu mengenali objek dengan tingkat keberhasilan sebesar 60%, dan penerapan metode UCD

terbukti sangat efektif dalam menghasilkan antarmuka yang fungsional dan inklusif melalui penyediaan kontras warna tinggi, navigasi yang mudah, serta umpan balik suara yang jelas [12].

Penelitian selanjutnya membahas mengenai keterbatasan alat bantu mobilitas konvensional dan teknologi aksesibilitas saat ini yang sering kali berbiaya mahal atau sangat bergantung pada koneksi internet yang terus-menerus untuk membantu penyandang tunanetra. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan aplikasi bantuan navigasi berbasis ponsel pintar Android yang terjangkau, beroperasi secara *real-time*, dan ramah pengguna untuk mendeteksi objek serta menjadwalkan pengingat harian menggunakan perintah suara. Metode yang digunakan meliputi perancangan aplikasi modular dengan pendekatan pemrosesan lokal (*on-device processing*) yang mengintegrasikan API *CameraX* dan *Google ML Kit* untuk klasifikasi objek visual, *SpeechRecognizer* untuk interaksi suara, serta *WorkManager* dan *Foreground Service* untuk mengeksekusi tugas di latar belakang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengenali objek di sekitar dengan tingkat akurasi 90-92% dalam waktu kurang dari satu detik, serta memproses pengingat suara dengan akurasi 93%, yang secara efektif memberikan panduan navigasi mandiri dan meningkatkan kesadaran situasional penggunanya [13].

Studi selanjutnya menyoroti masalah utama bahwa penyandang tunanetra menghadapi tantangan mobilitas yang signifikan saat bernavigasi di lingkungan dalam ruangan karena kurangnya rambu-rambu yang memadai dan adanya rintangan fisik, yang pada akhirnya membatasi kemampuan mereka untuk bergerak

secara aman dan mandiri serta dapat memicu isolasi sosial. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan menyediakan sistem bantuan navigasi dalam ruangan secara *real-time* yang efektif dalam mendeteksi objek dan mengestimasi jarak secara akurat guna meningkatkan mobilitas dan keselamatan para penggunanya. Metode yang digunakan dalam pengembangan sistem ini melibatkan penggunaan mikrokontroler ESP32 (papan *Xiao ESP32S3 Sense*) dan kamera OV2640 untuk menangkap gambar, yang kemudian ditransmisikan ke server untuk diproses menggunakan model pengenalan gambar tingkat lanjut YOLOv8 guna mengidentifikasi rintangan, lalu hasilnya disampaikan kepada pengguna dalam bentuk panduan suara melalui *headphone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu mencapai tingkat presisi deteksi objek sebesar 85% serta estimasi jarak yang sangat akurat dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,97578. Meskipun demikian, pengujian juga mengungkap bahwa model ini memiliki tingkat recall sebesar 68% yang berarti sebagian objek masih tidak terdeteksi, serta adanya kendala kompatibilitas perangkat keras yang mengharuskan pengguna memakai headphone kabel [14].

Penelitian selanjutnya menunjukkan permasalahan utama yang dihadapi penyandang disabilitas netra dalam mengenali nominal uang kertas rupiah secara mandiri, khususnya ketika *blind code* (penanda khusus) pada uang sudah lusuh dan tidak dapat terbaca melalui perabaan. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi nominal uang kertas rupiah berbasis citra menggunakan algoritma YOLOv8 yang diintegrasikan dengan teknologi *text-to-speech* menggunakan pustaka pyttsx3. Metode yang diterapkan

dalam penelitian ini adalah *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) yang meliputi beberapa tahapan mulai dari pemahaman hingga penerapan, dengan memanfaatkan *Dataset* sebanyak 620 citra uang kertas rupiah emisi tahun 2022 dari tujuh denominasi berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mencapai performa yang sangat baik dengan nilai mAP50 sebesar 99%, *precision* 97%, dan *recall* 99%, serta mampu melakukan inferensi secara *real-time* dengan *confidence score* di atas 0,90 sekaligus memberikan informasi *output* suara secara otomatis tanpa memerlukan koneksi internet [15].

Penelitian ini menyoroti permasalahan utama yang dialami oleh guru dan siswa penyandang tunanetra di SLB Yukartuni Makassar, yaitu kesulitan dalam mengidentifikasi warna pakaian secara mandiri sehingga sering kali keliru saat mengenakan seragam sekolah dan sangat bergantung pada bantuan orang lain. Untuk mengatasi masalah tersebut, kegiatan ini bertujuan untuk memperkenalkan dan mengimplementasikan aplikasi pendeteksi warna pakaian berbasis *Android* agar penyandang tunanetra dapat memilih seragam sekolah secara mandiri. Metode pelaksanaan dilakukan melalui dua tahap, yakni tahap pengembangan aplikasi yang memanfaatkan kamera ponsel cerdas untuk mendeteksi warna secara *real-time* dengan luaran berupa suara dalam bahasa Inggris, dilanjutkan dengan tahap sosialisasi dan evaluasi penggunaan aplikasi kepada 15 peserta yang terdiri dari 3 guru dan 12 siswa SMA. Hasil kegiatan membuktikan bahwa tingkat pemahaman peserta dalam mengoperasikan aplikasi tersebut mencapai 100%, serta 98% peserta mampu memahami informasi warna dari luaran audio, yang menunjukkan bahwa

aplikasi ini secara efektif dapat membantu kemandirian penyandang tunanetra dalam mengenali warna pakaian [16].

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
1	Perancangan Antarmuka Aksesibilitas: Pengenalan Objek Visual bagi Tunanetra melalui Aplikasi Mobile (2025)	Teknologi: Kamera <i>smartphone</i> , Algoritma <i>Deep Learning</i>. Fitur: Deteksi objek visual secara <i>real-time</i> dengan panduan/umpan balik suara ,Estimasi jarak tempuh dalam satuan langkah , Fitur pengambilan dan penyimpanan gambar. Hasil Penelitian: Sistem mampu mendeteksi objek untuk membantu tunanetra dengan tingkat keberhasilan 60% , namun akurasi masih terbatas dan dipengaruhi oleh rendahnya resolusi kamera ponsel lawas, keberagaman bentuk objek, serta kelemahan dalam mendeteksi lubang jalan.	Teknologi: <i>Smartphone (Android)</i>, YOLOv11, GPS. Fitur: Deteksi objek, analisis medan, navigasi <i>turn-by-turn</i>. Pembeda: Solusi <i>software</i> terintegrasi penuh dengan model AI modern.

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
2	<i>Navigation Assistance for Blind An AI-Powered Mobile App for Visually Impaired People to Get Real-time Navigation Help</i> (2026)	Teknologi: <i>Android, Google ML Kit, API CameraX, API SpeechRecognizer</i>, dan <i>WorkManager</i>. Fitur: Deteksi objek visual secara <i>real-time</i> dengan umpan balik suara , penjadwalan pengingat harian berbasis perintah suara , serta notifikasi pengingat persisten yang berjalan di latar belakang. Hasil Penelitian: Sistem mampu merespons dalam waktu kurang dari satu detik dengan tingkat akurasi deteksi objek mencapai 90-92% dan pemahaman perintah suara sebesar 93%. Meski berjalan optimal secara luring pada perangkat kelas menengah, akurasi deteksi visual masih mengalami sedikit penurunan pada kondisi pencahayaan yang rendah atau tidak merata.	Teknologi: <i>Gemini API, Speech-to-Text (STT), Text-to-speech (TTS), Flutter</i>. Fitur: Deskripsi naratif lingkungan sekitar, identifikasi jenis, warna, dan motif pakaian, antarmuka suara menyeluruh dengan dukungan <i>TalkBack</i> aksesibilitas Android Pembeda: Menggunakan <i>computer vision</i> sebagai sensor persepsi utama. Sistem menghasilkan deskripsi kontekstual lingkungan dan pakaian yang informatif bagi tunanetra, dengan seluruh interaksi dapat dilakukan menggunakan suara tanpa perlu melihat layar, sehingga meningkatkan kemandirian pengguna secara menyeluruh

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
3	<i>A Real-time Indoor Object Detection and Distance Estimation System for Visually Impaired Individuals</i> (2025)	Teknologi: Mikrokontroler ESP32 (papan Xiao ESP32S3 Sense), Kamera OV2640, modul DAC stereo, algoritma <i>machine learning</i> YOLOv8 (Python), serta jaringan LAN dan API <i>Flask</i> untuk komunikasi data ke <i>server</i>. Fitur: Deteksi objek dan estimasi jarak dalam ruangan secara <i>real-time</i>, transmisi gambar secara kontinu ke <i>server</i> untuk diproses, serta pemberian instruksi navigasi (maju, mundur, kanan, kiri) melalui umpan balik suara. Hasil Penelitian: Sistem ini menghasilkan presisi deteksi objek sebesar 85% dan estimasi jarak yang sangat akurat dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,97578. Meskipun demikian, tingkat recall deteksi objek hanya sebesar	Teknologi: Implementasi <i>Computer vision</i>, estimasi jarak (<i>Triangle Similarity</i>). Fitur: Sistem fungsional (persepsi visual + estimasi jarak + navigasi GPS). Pembeda: Merupakan implementasi fungsional yang utuh, bukan hanya perancangan, dan sudah mengintegrasikan model <i>computer vision</i> dengan GPS.

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
		68% yang berarti ada objek yang terlewatkan, dan kendala kompatibilitas <i>Bluetooth Low Energy</i> (BLE) membuat sistem ini masih harus bergantung pada penggunaan headphone kabel.	
4	Deteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Menggunakan YOLOV8 dan <i>Text-to-speech</i> Untuk Disabilitas Netra (2026).	Teknologi: Algoritma deteksi objek YOLOv8, pustaka <i>text-to-speech</i> (pyttsx3) berbasis <i>Python</i>, <i>webcam</i> dan kamera ponsel sebagai perangkat masukan. Fitur: Deteksi nominal 7 denominasi uang kertas rupiah (emisi 2022) secara <i>real-time</i> dan tanpa memerlukan koneksi internet. Hasil Penelitian: Model deteksi mencapai performa yang sangat akurat dengan nilai mAP50 sebesar 99%, <i>precision</i> 97%, dan <i>recall</i> 99%. Pada pengujian secara	Teknologi: YOLOv11 Fitur: Deteksi nominal uang dengan 11 class, 4 uang koin dan 7 uang kertas. Pembeda: Mampu mendeteksi nominal uang kertas dan koin, berjalan secara <i>offline</i> dan dapat menjumlahkan otomatis nominal uang jika terdeteksi lebih dari satu nominal.

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
		<i>real-time</i> , sistem mampu mengenali seluruh denominasi uang kertas dengan <i>confidence score</i> di atas 0,90 secara konsisten.	
5	Pemanfaatan Aplikasi Pendeteksi Warna Pakaian Berbasis <i>Android</i> bagi Penyandang Tunanetra di SLB Yukartuni Makassar (2022)	Teknologi: Aplikasi mobile <i>Android</i>. Fitur: Deteksi warna pakaian secara <i>real-time</i> melalui sorotan kamera belakang, <i>output</i> berupa suara (<i>audio</i>) otomatis yang menyebutkan warna dalam bahasa Inggris, dukungan fungsionalitas dengan atau tanpa fitur <i>TalkBack</i> bawaan ponsel, serta fitur pengaktifan lampu kilat (<i>blitz</i>) dengan menekan layar dua kali. Hasil Penelitian: Tingkat pemahaman peserta penyandang tunanetra dalam mengoperasikan aplikasi mencapai 100%, dan tingkat kemampuan	Teknologi: <i>Generative AI Gemini 2.5</i>. Fitur: Analisis pakaian berupa warna, texture, corak, bahan serta fitur tanya jawab kepada AI. Implementasi: Menggunakan API <i>Gemini 2.5</i> untuk menganalisis warna, texture, corak, bahan pakaian serta fitur tanya jawab mengenai pakaian yang telah di potret.

No	Penelitian Terkait	Gap Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
		mereka dalam memahami luaran <i>audio</i> berbahasa Inggris mencapai 98%.	

1.6 Data Penelitian

1.6.1 Dataset Objek

Penelitian ini memanfaatkan deteksi objek *pre-trained* dengan model *yolo11n_int8.tflite*. Model ini telah dilatih oleh *Ultralytics* menggunakan *Dataset* berskala besar dan menjadi standar dalam penelitian *computer vision* yaitu *Dataset COCO (Common Object in Context)*. *Dataset* ini memiliki lebih dari 200.000 gambar yang telah dilabeli dengan 80 kategori objek umum seperti perabotan, alat elektronik, hewan, dan objek lain yang umum ditemukan sehari-hari. Beberapa contoh kelas objek pada *Dataset COCO* dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. 2 Kelas objek pada *Dataset COCO*

Kategori	Nama Objek
Transportasi	Sepeda, Mobil, Sepeda Motor, Bus, Truk, Pesawat, Kereta, Perahu
Hewan	Burung, Kucing, Anjing, Kuda, Domba, Sapi, Gajah, Beruang, Zebra, Jerapah
Alat Olahraga	<i>Frisbee</i> , Ski, Papan Seluncur Salju, Bola Olahraga, Layang-layang, Tongkat Bisbol, Sarung Tangan Bisbol, Skateboard, Papan Seluncur, Raket Tennis
Objek Luar Ruangan	Lampu Lalu Lintas, Hidran Kebakaran, Tanda Berhenti, Meteran Parkir, Bangku

Kategori	Nama Objek
Objek Dalam Ruangan	Sofa, Tempat Tidur, Meja Makan, Toilet, TV, Laptop, <i>Mouse</i> , <i>Remote</i> , <i>Keyboard</i> , <i>Microwave</i> , Oven, Pemanggang Roti, Wastafel, Kulkas, Jam, Vas, Gunting, Boneka Beruang, Pengering Rambut, Sikat Gigi. Gelas Anggur, Garpu, Pisau, Sendok, Ransel, Payung, Tas Tangan, Dasi, Koper, Botol, Cangkir, Mangkuk, Kursi, Tanaman Pot, Ponsel, Buku.
Makanan	Pisang, Apel, <i>Sandwich</i> , Jeruk, Brokoli, Wortel, Hot Dog, Pizza, Donat, Kue

1.6.2 *Dataset* Deteksi Rintangan

Selain menggunakan *Dataset pretrained* COCO untuk deteksi objek dan pencarian objek, penelitian ini juga memanfaatkan deteksi objek dengan custom *Dataset* dengan jumlah 13 *class* dengan klasifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. 3 Kelas objek pada *Dataset* rintangan

Kategori	Jumlah	Objek
Bahaya	7	Bus, Mobil, Motor, Tiang, Lubang, Pohon, Truk
Waspada	4	Sepeda, Orang, Genangan Air, Tangga
Panduan	2	<i>Zebra Cross</i> , <i>Guiding Block</i> .

1.6.3 *Dataset* Uang Rupiah

Dataset yang digunakan untuk fitur deteksi uang pada penelitian ini terdiri dari 9.946 citra yang dibagi ke dalam 11 kelas, mencakup seluruh denominasi uang yang umum beredar di Indonesia. Kelas tersebut meliputi 4 kelas uang koin, yaitu koin Rp100, Rp200, Rp500, dan Rp1.000, serta 7 kelas uang kertas, yaitu Rp1.000,

Rp2.000, Rp5.000, Rp10.000, Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000. *Dataset* ini digunakan untuk melatih model deteksi berbasis YOLOv11 (*You Only Look Once versi 11*) dengan format float16 guna mengoptimalkan kecepatan inferensi pada perangkat *mobile*. Setiap kelas direpresentasikan dengan variasi citra yang mencakup perbedaan sudut pandang, kondisi pencahayaan, dan tingkat kerapian fisik uang, sehingga model mampu melakukan deteksi secara *real-time* melalui kamera dengan tingkat kepercayaan minimum sebesar 60%.

1.6.4 Data Masukan *Gemini* API

Data masukan yang digunakan pada fitur-fitur berbasis *Gemini* API dalam aplikasi ini berupa citra digital dalam format *Base64* yang dikirimkan ke server melalui jaringan internet bersama instruksi teks berbahasa Indonesia. Terdapat tiga fitur yang memanfaatkan *Gemini* API, yaitu fitur Deteksi Sekitar, Baca Teks, dan Pakaian. Pada fitur Deteksi Sekitar, citra diperoleh dari tangkapan kamera belakang secara on-demand saat pengguna memicu secara manual, kemudian dikompresi terlebih dahulu hingga resolusi minimum 800×600 piksel dengan kualitas 70% sebelum dikirimkan. Pada fitur Baca Teks, citra dapat bersumber dari dua jalur, yaitu tangkapan kamera otomatis yang dipicu ketika sistem mendeteksi area teks mencakup minimal 15% dari bingkai kamera selama tiga *frame* berturut-turut, atau dari gambar yang dipilih secara manual melalui galeri perangkat. Pada fitur Pakaian, citra diperoleh dari hasil pemotretan manual oleh pengguna menggunakan kamera dengan resolusi tertinggi agar detail warna dan motif pakaian dapat terdeteksi secara akurat. Selain citra, fitur Baca Teks dan Pakaian juga mengirimkan riwayat percakapan sebelumnya (maksimal 6 pesan terakhir) sebagai konteks

tambahan guna mendukung sesi tanya jawab interaktif berbasis suara antara pengguna dan model.

1.6.5 Alat Penelitian

Pengembangan dan pengujian aplikasi ini didukung oleh serangkaian perangkat keras diantaranya sebagai berikut:

Tabel 1. 4 Perangkat keras penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop	Prosesor: Minimal Intel Core i3, RAM: 12 GB, Penyimpanan: SSD 512 GB	Digunakan untuk proses <i>coding</i> , manajemen proyek, dan pembuatan model AI.
2	<i>Smartphone Android</i>	OS: <i>Android</i> 11+, RAM: Min. 6 GB, Sensor: Kamera, GPS. Dan memiliki <i>speaker</i>	Perangkat target untuk <i>deployment</i> dan pengujian aplikasi.
3	Kabel USB	Tipe c	Menghubungkan <i>smartphone</i> ke laptop untuk proses debugging dan transfer data.

Selain itu pengujian aplikasi ini didukung oleh serangkaian perangkat lunak diantaranya sebagai berikut:

Tabel 1. 5 Perangkat lunak penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Sistem Operasi	<i>Windows</i> 11 (64-bit)	Sebagai lingkungan dasar untuk menjalankan semua perangkat lunak pengembangan.

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
2	<i>Integrated Development Environment (IDE)</i>	<i>Android Studio</i> dan <i>Visual Studio Code</i>	Untuk membangun, debugging, dan packaging aplikasi <i>Android</i> .
3	Bahasa Pemrograman	<i>Flutter SDK</i> (v.3.32.4) & <i>Dart</i> (v3.8.1)	Bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk menulis logika dan fungsionalitas aplikasi <i>Android</i> .
4	Perpustakaan (<i>Libraries</i>)	- <i>Google Maps SDK</i>. - <i>Android TTS API</i>. - <i>Tensorflow Lite</i>	Untuk integrasi layanan <i>Google Maps</i> dan mengimplementasikan model, fitur <i>text-to-speech</i> .
5	Manajemen Kode	Git	Sistem kontrol versi untuk manajemen kode.
6	Alat Desain	- <i>Visual Paradigm</i> - <i>Figma</i>	Untuk merancang diagram UML dan desain antarmuka.