
Indonesian Sign Language (BISINDO) Translator Application Based on Deep Learning for Mobile Devices

Dhaffa Arizki¹⁾, Siti Lailiyah²⁾, dan Syamsuddin Mallala³⁾

^{1,2}Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta

^{1,2,3} Jl. M. Yamin, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75123

E-mail: 2243050@wicida.ac.id¹⁾, lail.59a@gmail.com²⁾, syamsuddin@wicida.ac.id³⁾

ABSTRACT

The limited public understanding of Indonesian Sign Language (BISINDO) creates a communication barrier between deaf people and the wider community. This study aimed to design and implement a mobile BISINDO translator that recognizes alphabet hand gestures A-Z in real time through a smartphone camera and provides offline learning material. The system was developed using an iterative Prototyping model comprising communication, quick planning, rapid design, prototype construction, and deployment, delivery, and feedback. A dataset of 9,100 images in 26 classes, with 350 images per class, was resized to 224 x 224 pixels, normalized, augmented, and divided into 70% training and 30% validation data. Gesture classification used a Convolutional Neural Network with the MobileNetV2 architecture. The trained model was converted to TensorFlow Lite for on-device inference and integrated with CameraX and MediaPipe Hand Landmarker on Android. The application detects a hand before classification, displays the predicted letter and confidence, automatically arranges detected letters into a word, and provides delete, reset, and offline BISINDO learning-video functions. The best model achieved 99.96% validation accuracy, while the classification report produced an accuracy of 1.00 on 2,496 validation samples. Functional Black Box testing covered 18 scenarios, and all produced the expected output. The results show that the application can translate static BISINDO alphabet gestures responsively without an internet connection. Nevertheless, recognition remains sensitive to lighting, complex backgrounds, and similarities between gestures, and the system is limited to one static gesture at a time.

Keywords: BISINDO, Deep Learning, MobileNetV2, TensorFlow Lite, MediaPipe Hand Landmarker

Aplikasi Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Berbasis Deep Learning pada Aplikasi Mobile

ABSTRAK

Rendahnya pemahaman masyarakat terhadap Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) menimbulkan kesenjangan komunikasi antara penyandang tuli dan masyarakat umum. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan aplikasi penerjemah BISINDO pada perangkat mobile yang mampu mengenali gesture alfabet A-Z secara real-time melalui kamera smartphone serta menyediakan materi pembelajaran offline. Sistem dikembangkan menggunakan model Prototyping yang meliputi communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, serta deployment, delivery and feedback. Dataset berjumlah 9.100 citra yang terbagi ke dalam 26 kelas, masing-masing 350 citra, diproses melalui resize 224 x 224 piksel, normalisasi, augmentasi, dan pembagian 70% data training serta 30% data validation. Klasifikasi gesture menggunakan Convolutional Neural Network dengan arsitektur MobileNetV2. Model hasil pelatihan dikonversi ke TensorFlow Lite untuk inferensi pada perangkat dan diintegrasikan dengan CameraX serta MediaPipe Hand Landmarker pada Android. Aplikasi mendeteksi tangan sebelum klasifikasi, menampilkan huruf dan tingkat keyakinan, menyusun huruf menjadi kata secara otomatis, serta menyediakan fungsi hapus, reset, dan video pembelajaran BISINDO secara offline. Model terbaik memperoleh validation accuracy 99,96%, sedangkan Classification Report menghasilkan accuracy 1,00 pada 2.496 sampel validasi. Pengujian Black Box mencakup 18 skenario dan seluruhnya menghasilkan keluaran sesuai harapan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat menerjemahkan gesture alfabet BISINDO statis secara responsif tanpa koneksi internet. Namun, pengenalan masih dipengaruhi pencahayaan, latar belakang kompleks, kemiripan antar-gesture, dan keterbatasan pemrosesan satu gesture statis dalam satu waktu.

Kata Kunci: BISINDO, Deep Learning, MobileNetV2, TensorFlow Lite, MediaPipe Hand Landmarker

1. PENDAHULUAN

Bahasa merupakan sarana utama untuk menyampaikan informasi, gagasan, dan perasaan. Bagi penyandang tuli, komunikasi sehari-hari banyak dilakukan melalui bahasa isyarat. Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) berkembang secara alami di komunitas tuli dan menggunakan kombinasi gerakan tangan, ekspresi wajah, arah pandangan, serta bahasa tubuh. Walaupun telah digunakan secara luas, pemahaman masyarakat umum terhadap BISINDO masih terbatas sehingga interaksi sosial, akses informasi, dan kegiatan pendidikan dapat terhambat (Nugroho et al., 2023).

Perkembangan *deep learning* dan *computer vision* membuka peluang untuk menerjemahkan gesture tangan secara otomatis. *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu mempelajari fitur visual secara bertingkat, sedangkan arsitektur MobileNetV2 menggunakan *depth-wise separable convolution* untuk mengurangi kebutuhan komputasi. Karakteristik ini relevan bagi smartphone yang memiliki keterbatasan memori, daya, dan kemampuan pemrosesan. TensorFlow Lite selanjutnya memungkinkan inferensi dilakukan langsung pada perangkat sehingga aplikasi dapat bekerja secara *offline*, memiliki respons yang lebih singkat, dan tidak perlu mengirim citra kamera ke server.

Penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa CNN efektif untuk klasifikasi gesture bahasa isyarat (Saputra et al., 2025) dan dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran interaktif (Trisianto & Limantara, 2024). Implementasi MobileNet pada Android mencapai performa yang baik untuk pengenalan BISINDO (Maulana et al., 2025), sementara integrasi MediaPipe membantu proses deteksi tangan sebelum klasifikasi (Ahwani et al., 2024). Sistem berbasis web juga telah dikembangkan, tetapi fleksibilitasnya masih dipengaruhi browser, perangkat, dan kestabilan pola yang mirip (Perdana, 2024).

Celah penelitian terletak pada kebutuhan sistem *mobile* yang menyatukan model ringan, deteksi tangan, penerjemahan *real-time*, pemrosesan *offline*, dan materi belajar dalam satu aplikasi. Penelitian ini mengembangkan BISINDO Translator berbasis Android untuk mengenali alfabet A-Z, menampilkan hasil sebagai teks, menyusun huruf menjadi kata, serta menyediakan video pembelajaran yang dapat digunakan tanpa koneksi internet. Kontribusi utama penelitian adalah integrasi MobileNetV2, TensorFlow Lite, CameraX, dan MediaPipe Hand Landmarker sebagai satu alur pemrosesan pada perangkat.

2. RUANG LINGKUP

1. Cakupan penelitian meliputi pengenalan 26 gesture alfabet BISINDO A-Z berbasis finger spelling melalui kamera smartphone secara *real-time*, dengan satu gesture tangan diproses pada setiap frame.
2. Aplikasi dibatasi pada Android 8.0 atau lebih baru, berjalan secara *offline*, tidak memproses gambar galeri atau video rekaman, serta belum mencakup ges-

ture dinamis, ekspresi wajah, keluaran suara, iOS, dan web.

3. Hasil yang ditargetkan adalah aplikasi penerjemah alfabet dan media belajar BISINDO dengan evaluasi akurasi model, fungsi aplikasi, respons inferensi secara *real-time*, serta kestabilan pada variasi pencahayaan dan latar belakang.

3. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang menghasilkan produk berupa aplikasi Android. Pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka dan studi lapangan di SLBN Pembina Provinsi Kalimantan Timur pada Mei 2026. Observasi digunakan untuk memahami pola komunikasi dan kondisi penggunaan, sedangkan wawancara dengan guru membantu merumuskan kebutuhan fungsional serta non-fungsional. Pengembangan sistem memakai model Prototyping yang bersifat iteratif agar rancangan antarmuka, model klasifikasi, dan hasil pengujian dapat disempurnakan berdasarkan umpan balik (Alda et al., 2023).

3.1 BISINDO dan MobileNetV2

BISINDO merupakan bahasa visual yang kompleks karena makna tidak hanya bergantung pada bentuk tangan, tetapi juga dapat dipengaruhi gerak tubuh dan ekspresi. Penelitian ini memusatkan pengenalan pada alfabet A-Z agar kelas keluaran terstruktur dan dapat digunakan untuk finger spelling. Pendekatan serupa telah digunakan dalam pengenalan BISINDO berbasis CNN dan transfer learning (Arisandi & Satya, 2022; Susanty et al., 2021).

MobileNetV2 dipilih sebagai *backbone* klasifikasi karena operasi *depthwise separable convolution* menekan jumlah parameter dan komputasi dibandingkan konvolusi standar. Model menerima citra RGB berukuran 224 x 224 piksel dan menghasilkan probabilitas untuk 26 kelas. Model hasil pelatihan dikonversi ke format .tflite agar dapat dijalankan oleh TFLite Interpreter langsung pada perangkat Android.

3.2 Dataset dan Pra-pemrosesan

Dataset Indonesian Sign Language (BISINDO) diperoleh dari Kaggle (Agungmrf, n.d.) dan terdiri atas 26 folder kelas A-Z. Setiap kelas memuat 350 citra, sehingga jumlah keseluruhan mencapai 9.100 citra. Sebelum pelatihan, citra diubah menjadi 224 x 224 piksel, nilai piksel dinormalisasi, dan data diperkaya melalui rotasi, *flip horizontal*, serta perubahan *brightness*. Dataset kemudian dibagi menjadi 70% data *training* dan 30% data *validation*.

Konfigurasi eksperimen dan implementasi dirangkum pada Tabel 1. Pembekuan bobot awal MobileNetV2 yang telah dilatih pada ImageNet dilanjutkan dengan *fine-tuning* bertahap agar fitur umum dapat disesuaikan dengan karakteristik gesture BISINDO. Penggunaan augmentasi dimaksudkan untuk meningkatkan variasi data, tetapi keragaman bentuk tangan dan kondisi lingkungan tetap menjadi faktor penting bagi kemampuan generalisasi model.

Tabel 1. Konfigurasi Dataset, Model, dan Aplikasi
Table 1. Dataset, Model, and Application Configuration

Parameter	Spesifikasi
Dataset	9.100 citra; 26 kelas; 350 citra/kelas
Input	RGB 224 x 224 piksel
Pembagian	70% training dan 30% validation
Augmentasi	Rotasi, flip horizontal, brightness
Arsitektur	MobileNetV2 / CNN
Pelatihan	TensorFlow 2.17.0 dan Keras
Inferensi	TensorFlow Lite 2.x; 4 thread
Deteksi tangan	MediaPipe Tasks Vision 0.10.26.1
Ambang keyakinan	0,65
Platform	Android 8.0 atau lebih baru; Java JDK 11

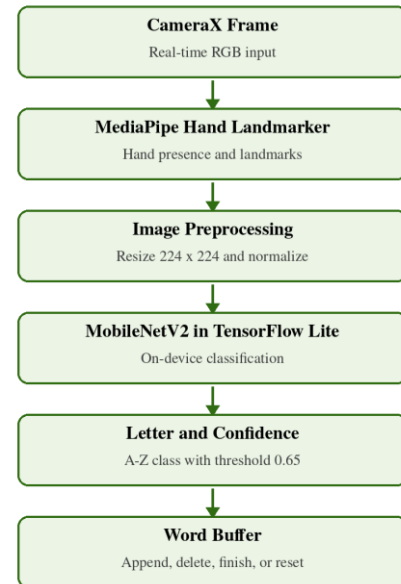
3.3 Tahapan Prototyping

Tahap *communication* menghasilkan kebutuhan utama berupa penerjemahan alfabet secara *real-time*, penggunaan *offline*, akurasi minimal 85%, respons inferensi maksimal dua detik per frame, dan antarmuka sederhana. Pada *quick plan* dan *modeling quick design* ditetapkan dataset, arsitektur MobileNetV2, alur kamera, rancangan halaman, dan skenario pengujian. Tahap *construction of prototype* mencakup pelatihan model, konversi .tflite, integrasi ke Android Studio, serta penyusunan fitur aplikasi. Pada tahap *deployment, delivery and feedback*, aplikasi diuji secara fungsional dan digunakan oleh lima siswa tunarungu tingkat sekolah dasar di SLBN Pembina.

Alur pemrosesan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 1. CameraX menangkap frame RGB, kemudian MediaPipe Hand Landmarker memeriksa keberadaan tangan. Citra tangan yang terdeteksi diproses menjadi ukuran masukan model dan diklasifikasikan oleh MobileNetV2 melalui TensorFlow Lite. Kelas dengan probabilitas tertinggi dibandingkan dengan ambang 0,65, lalu huruf dan *confidence* ditampilkan serta dimasukkan ke penyangga kata.

Proses inferensi berlangsung secara berulang pada setiap frame yang ditangkap kamera sehingga aplikasi mampu memberikan hasil penerjemahan secara *real-time*. Penggunaan MediaPipe Hand Landmarker sebelum proses klasifikasi membantu memfokuskan model hanya pada area tangan sehingga pengaruh latar belakang dapat diminimalkan dan proses komputasi menjadi lebih efisien. Selanjutnya, penerapan model MobileNetV2 dalam format TensorFlow Lite memungkinkan seluruh proses klasifikasi dilakukan langsung pada perangkat (*on-device inference*) tanpa memerlukan koneksi internet. Pendekatan ini memberikan waktu respons yang

lebih cepat, mengurangi ketergantungan terhadap jaringan internet, serta menjaga privasi pengguna karena data citra tidak dikirim ke server. Dengan alur pemrosesan tersebut, aplikasi mampu menerjemahkan alfabet BISINDO secara cepat, stabil, dan mudah digunakan pada perangkat Android.



Gambar 1. Arsitektur Pemrosesan Penerjemah BISINDO

Figure 1. BISINDO Translator Processing Architecture

3.4 Implementasi Aplikasi

Aplikasi dikembangkan menggunakan Android Studio dan Java. Model `bisindo_model.tflite`, `labels.txt`, dan `hand_landmarker.task` ditempatkan pada folder *assets*. TFLite Interpreter dikonfigurasi menggunakan empat *thread*, sedangkan nilai `CONFIDENCE_THRESHOLD` ditetapkan sebesar 0,65. Pemrosesan dilakukan di perangkat, sehingga citra kamera tidak perlu dikirim ke server dan aplikasi tetap dapat digunakan tanpa internet.

Antarmuka mencakup *splash screen*, *onboarding*, permintaan izin kamera, menu utama, halaman penerjemah, dan menu Belajar BISINDO. Pada halaman penerjemah, sistem menampilkan *preview* kamera, kelas huruf, *confidence*, rangkaian huruf, serta tombol Hapus, Selesai, dan Reset. Menu pembelajaran memuat enam kategori, yaitu Pembukaan, Kata Tanya, Ungkapan Sehari-hari, Latar Tempat, Kegiatan Sehari-hari, dan Transportasi, dengan video animasi yang tersimpan secara *offline*.

3.5 Metode Pengujian

Evaluasi model menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *Classification Report* pada data validasi. *Accuracy* pada Persamaan (1) menunjukkan perbandingan jumlah prediksi benar terhadap keseluruhan sampel. *Precision* mengukur ketepatan prediksi

pada suatu kelas, recall mengukur proporsi anggota kelas yang berhasil dikenali, sedangkan F1-score merangkul keseimbangan precision dan recall.

$$Accuracy = (N_{correct} / N_{total}) \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian *Black Box* memeriksa keluaran aplikasi tanpa meninjau struktur internal kode. Delapan belas skenario meliputi pembukaan aplikasi, izin kamera, navigasi, deteksi huruf A, B, dan Z, kondisi tanpa tangan, penyusunan kata, hapus dan reset, variasi pencahayaan, latar belakang ramai, respons inferensi, video pembelajaran, serta penutupan aplikasi. Rancangan penelitian juga menetapkan *latency*, *frame per second* (FPS), konsumsi RAM, dan kestabilan lingkungan sebagai parameter performa, tetapi naskah sumber tidak menyajikan nilai kuantitatif akhir untuk ketiga parameter perangkat tersebut.

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pelatihan Model

Pelatihan menghasilkan *validation accuracy* terbaik sebesar 99,96%. Classification Report pada 2.496 sampel validasi, masing-masing 96 sampel per kelas, menampilkan *accuracy* sebesar 1,00 setelah pembulatan. Sebagian besar kelas memperoleh *precision*, *recall*, dan *F1-score* 1,00; kelas D dan M memiliki precision 0,99, sedangkan kelas N dan P memiliki recall 0,99. Ringkasan hasil ditampilkan pada Tabel 2.

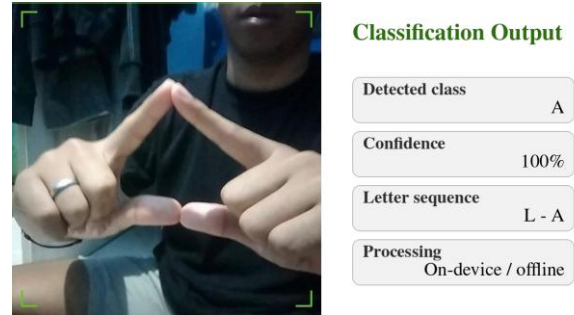
Tabel 2. Ringkasan Hasil Evaluasi Model
Table 2. Summary of Model Evaluation Results

Metrik	Hasil	Keterangan
Validation accuracy	99,96%	Nilai terbaik selama pelatihan
Accuracy	1,00	Pembulatan pada 2.496 sampel
Macro precision	1,00	Rata-rata 26 kelas
Macro recall	1,00	Rata-rata 26 kelas
Macro F1-score	1,00	Rata-rata 26 kelas
D dan M	0,99	Precision dan F1-score
N dan P	0,99	Recall dan F1-score

Perbedaan antara 99,96% dan 1,00 tidak menunjukkan hasil yang bertentangan. Nilai pertama merekam akurasi validasi terbaik dengan presisi lebih rinci selama pelatihan, sedangkan Classification Report menampilkan angka dua desimal sehingga hasil mendekati satu dibulatkan menjadi 1,00. Performa tersebut menunjukkan pemisahan kelas yang sangat baik pada dataset validasi, tetapi belum secara otomatis menjamin kinerja yang identik pada pengguna, kamera, atau kondisi lingkungan yang tidak terwakili dalam dataset dan itu memengaruhi hasil dari nilai yang ditentukan.

4.2 Hasil Implementasi Aplikasi

Model yang dikonversi ke TensorFlow Lite berhasil dipanggil oleh aplikasi setelah MediaPipe mendeteksi tangan. Gambar 2 memperlihatkan contoh gesture huruf A yang dikenali dengan *confidence* 100% dan ditambahkan pada rangkaian huruf menjadi L-A. Proses klasifikasi berjalan di perangkat dan hasil diperbarui pada antarmuka tanpa koneksi jaringan.



Gambar 2. Contoh Hasil Klasifikasi Gesture Huruf A
Figure 2. Example Classification Result for the Letter A Gesture

Selain klasifikasi, aplikasi berhasil menerapkan logika penyusunan huruf, penghapusan karakter terakhir, penyelesaian rangkaian menjadi kata, dan reset hasil. Fitur pembelajaran memperluas fungsi aplikasi dari alat bantu penerjemahan alfabet menjadi media belajar mandiri. Penyimpanan model dan video secara lokal mendukung penggunaan pada lingkungan sekolah atau masyarakat dengan akses internet yang terbatas.

4.3 Implementasi Antarmuka Aplikasi



Gambar 3. Tampilan Menu Utama Aplikasi
Figure 3. Main Menu Screen of the Application

Antarmuka aplikasi terdiri atas splash screen, tiga halaman onboarding, permintaan izin kamera, menu utama, halaman penerjemah, dan menu Belajar BISINDO yang seluruhnya dibangun menggunakan Android Studio dan bahasa Java. Gambar 3 menunjukkan halaman Menu Utama yang menampilkan logo aplikasi, nama “BISINDO Translator”, serta dua tombol utama, yaitu Mulai Menerjemahkan dan Belajar BISINDO.

Pada halaman penerjemah, kamera menampilkan bingkai deteksi berwarna hijau, indikator confidence,

serta rangkaian huruf yang tersusun otomatis. Sebelum gesture terdeteksi, confidence bernilai 0% dan kotak hasil masih kosong, sedangkan tombol Hapus, Selesai, Reset, dan tombol kamera tersedia di bagian bawah layar untuk mengatur proses penerjemahan tanpa perlu berpindah halaman.

4.4 Hasil Pengujian Fungsional

Seluruh 18 skenario *Black Box* menghasilkan keluaran sesuai harapan dan berstatus valid. Pengelompokan hasil pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa alur awal, navigasi, penerjemahan, pengelolaan hasil, adaptasi lingkungan, pembelajaran, dan penghentian aplikasi telah berfungsi. Pengujian langsung juga melibatkan lima siswa tunarungu tingkat sekolah dasar untuk mengamati kemudahan penggunaan dan variasi gesture antar-individu, tetapi hasil kuantitatif per responden tidak dicantumkan pada naskah sumber.

Tabel 3. Ringkasan Pengujian Black Box
Table 3. Summary of Black Box Testing

Kelompok Uji	Cakupan	Status
Awal (2)	Buka aplikasi dan izin kamera	Valid
Navigasi (2)	Penerjemah dan menu belajar	Valid
Klasifikasi (4)	Huruf A, B, Z, dan tanpa tangan	Valid
Teks (3)	Susun kata, hapus, dan reset	Valid
Kondisi (4)	Terang, redup, latar ramai, respons	Valid
Belajar (2)	Pilih kategori dan putar video	Valid
Tutup (1)	Tutup aplikasi dan bebaskan kamera	Valid
Total (18)	Seluruh skenario sesuai keluaran	Valid

4.5 Analisis Keterbatasan

Akurasi validasi yang tinggi dicapai pada dataset citra yang telah diproses dan dibagi untuk pelatihan serta validasi. Saat digunakan secara nyata, sistem masih sensitif terhadap cahaya yang terlalu terang atau gelap, latar belakang ramai, posisi tangan, dan kemiripan bentuk antarhuruf. Kemiripan citra dalam setiap kelas juga dapat membuat model mempelajari pola yang kurang beragam sehingga rawan tertukar ketika menghadapi bentuk tangan baru.

Sistem hanya mengenali alfabet statis A-Z dan satu gesture pada satu waktu. Unsur penting BISINDO seperti gerakan dinamis, kata, kalimat, ekspresi wajah, arah pandangan, dan konteks belum dianalisis. Di sisi evaluasi, keberhasilan fungsional 18 skenario belum menggan-

tikan pengukuran kuantitatif *latency*, FPS, penggunaan RAM, akurasi per kondisi lingkungan, dan uji generalisasi pada perangkat serta pengguna yang lebih beragam. Oleh karena itu, hasil penelitian paling tepat dipahami sebagai keberhasilan prototipe penerjemah alfabet, bukan penerjemah BISINDO lengkap.

5. KESIMPULAN

Penelitian berhasil membangun aplikasi BISINDO Translator berbasis Android yang mengintegrasikan MobileNetV2, TensorFlow Lite, CameraX, dan MediaPipe Hand Landmarker untuk mengenali gesture alfabet A-Z secara *real-time* dan *offline*. Dataset terdiri atas 9.100 citra dalam 26 kelas. Model terbaik memperoleh *validation accuracy* 99,96% dan Classification Report menampilkan *accuracy* 1,00 pada 2.496 sampel validasi. Seluruh 18 skenario *Black Box* menghasilkan keluaran sesuai harapan. Aplikasi juga mampu menyusun huruf menjadi kata serta menyediakan video pembelajaran BISINDO. Meskipun demikian, performa masih dipengaruhi pencahayaan, latar belakang, kemiripan gesture, dan keragaman dataset; cakupan sistem juga masih terbatas pada satu gesture alfabet statis dalam satu waktu.

6. SARAN

1. Dataset perlu diperluas menggunakan lebih banyak pengguna, variasi bentuk tangan, sudut kamera, pencahayaan, dan latar belakang. Pemisahan data sebaiknya mempertimbangkan identitas pengguna agar evaluasi benar-benar mengukur generalisasi pada subjek baru.
2. Model dapat dikembangkan untuk gesture dinamis, kata, dan kalimat dengan memanfaatkan informasi temporal, ekspresi wajah, serta konteks komunikasi. Fitur text-to-speech juga dapat ditambahkan untuk mendukung komunikasi dua arah.
3. Pengujian lanjutan perlu melaporkan *latency*, FPS, RAM, ukuran model, konsumsi daya, dan akurasi pada beberapa perangkat Android serta kondisi lingkungan. Uji pengguna sebaiknya menggunakan jumlah responden yang lebih besar dan instrumen *usability* terukur.

7. REFERENSI

- Agungmrf. (n.d.). Indonesian sign language (BISINDO) [Data set]. Kaggle.
<https://www.kaggle.com/datasets/agungmrf/indonesian-sign-language-bisindo>
- Ahwani, dkk. (2024). Penerapan MediaPipe dalam pengenalan BISINDO berbasis deep learning dan computer vision. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 6(1), 45-54.
- Alda, dkk. (2023). Pengembangan aplikasi Android menggunakan metode prototyping. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 4(3), 201-210.
- Arisandi, L., & Satya, B. (2022). Sistem klasifikasi Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dengan menggunakan algoritma convolutional neural

-
- network. *Jurnal Sistem Cerdas*, 5(3), 135-146.
<https://doi.org/10.37396/jsc.v5i3.262>
- Maulana, R. R., dkk. (2025). Implementasi deep learning menggunakan arsitektur MobileNet untuk pengenalan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) berbasis Android. *Jurnal Teknologi dan Informatika*, 15(1), 1-12.
- Nugroho, A., dkk. (2023). Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO): Kajian linguistik dan implementasi teknologi. *Jurnal Pendidikan Luar Biasa dan Teknologi Asistif*, 2(1), 15-26.
- Perdana, H. A. (2024). Rancang bangun sistem terjemahan bahasa isyarat berbasis web secara real-time menggunakan TensorFlow. *Sebatik*, 28(2), 1-7.
- Saputra, R. A., dkk. (2025). Pendeteksi bahasa isyarat menggunakan TensorFlow dengan metode convolutional neural network. *Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, 12(1), 10-19.
- Susanty, M., Fadillah, R. Z., & Irawan, A. (2021). Model penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) menggunakan pendekatan transfer learning. *PETIR*, 15(1), 1-9.
<https://doi.org/10.33322/petir.v15i1.1289>
- Trisianto, D., & Limantara, dkk. (2024). Sistem pembelajaran Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) menggunakan metode convolutional neural network (CNN). *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 11(2), 130-139.