
Rancang Bangun Perangkat Penerjemah Bahasa Isyarat SIBI Berbasis Convolutional Neural Network Pada Raspberry Pi

¹Ahmad Kastalani, ²Dewi Khairunnisa, ³Denis Prayogi, ⁴Lies Hartono

^{1,2,3,4}Teknik Informatika, STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ¹kasta9934@gmail.com, ²dkhairunnisa09@gmail.com, ³denis@ppkia.ac.id, ⁴lies@ppkia.ac.id

Abstrak

Penyandang tunarungu di Indonesia mengalami keterbatasan serius dalam berkomunikasi dengan masyarakat non-disabilitas, yang mengakibatkan ketergantungan pada interpreter dan terbatasnya akses terhadap layanan publik. Bahasa isyarat menjadi media utama bagi tunarungu, khususnya Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) yang digunakan secara resmi di seluruh Sekolah Luar Biasa di Indonesia. Namun rendahnya pemahaman masyarakat terhadap bahasa isyarat SIBI menimbulkan hambatan komunikasi yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun perangkat penerjemah bahasa isyarat SIBI berbasis Convolutional Neural Network (CNN) menggunakan Raspberry Pi 5 sebagai solusi teknologi mandiri. Perangkat memanfaatkan modul kamera untuk menangkap data citra pola tangan, kemudian mengolah data tersebut menggunakan CNN guna mempelajari pola angka, huruf, dan kosakata dasar SIBI, dan menerjemahkannya ke dalam bentuk teks pada LCD. Penelitian ini melalui empat tahapan: pengambilan dataset primer pada 86 kelas sebanyak 17.220 data citra pola tangan sesuai kamus SIBI, preprocessing landmark 21 titik, pelatihan model, dan pengujian real-time pada Raspberry Pi. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi prediksi huruf dan kosakata mencapai 99%, sedangkan pola angka mencapai 70% karena kemiripan bentuk antarisyarat. Perangkat berhasil menerjemahkan pola tangan pengguna yang tidak terdapat dalam dataset pelatihan, membuktikan kemampuan generalisasi model yang memadai. Namun, sistem masih belum mampu menerjemahkan dua pola tangan secara simultan secara konsisten karena pembacaan dua pola tangan yang mirip menyebabkan kesalahan klasifikasi.

Kata Kunci: cnn, penerjemah bahasa isyarat, raspberry pi, sibi, tunarungu

Design and Development of SIBI Sign Language Translator Device Based on Convolutional Neural Network on Raspberry Pi

Abstract

Hearing-impaired individuals in Indonesia face serious limitations in communicating with the non-disabled community. This results in dependence on interpreters and limited access to public services. Sign language has become the primary medium for the hearing impaired, particularly the Indonesian Sign Language System (SIBI). SIBI, which stands for Sistem Isyarat Bahasa Indonesia, is a codified visual language that uses specific hand shapes and movements to represent words and concepts and is officially used in all Special Schools in Indonesia. However, the public's low understanding of SIBI creates significant communication barriers. This research aims to design and build a SIBI sign language translator device. The device is based on a Convolutional Neural Network (CNN), a type of deep learning model commonly used to analyze visual imagery, and uses a Raspberry Pi 5—a small, affordable single-board computer—as a standalone solution. The device uses a camera module to capture images of hand patterns, which the CNN then processes to learn representations of numbers, letters, and basic SIBI vocabulary. The recognized signs are translated into text on an LCD. This research went through four stages: primary dataset collection across 86 classes, comprising 17,220 hand-pattern images according to the SIBI dictionary; preprocessing using 21-point landmarks to extract key features from each hand image; model training; and real-time testing on the Raspberry Pi. The test results showed 99% accuracy in letter and vocabulary prediction. Number patterns reached 70% due to the similarity of their sign shapes. The device successfully translated hand patterns from users not present in the training dataset, demonstrating the model's generalization capability. However, the system is still unable to consistently translate two hand patterns simultaneously, as reading two similar hand patterns leads to classification errors.

Keywords: cnn, deaf, raspberry pi, sibi, sign language interpreter

I. PENDAHULUAN

Tunarungu merupakan individu yang kehilangan kemampuan mendengar sehingga menghambat proses informasi bahasa melalui pendengarannya, baik memakai ataupun tidak memakai alat bantu dengar. Keterbatasan ini menjadi sebuah masalah bagi penyandang tunarungu untuk berkomunikasi dengan orang-orang non-disabilitas, termasuk dalam mengakses layanan pendidikan, kesehatan, dan sosial secara mandiri.

Di Indonesia, bahasa isyarat terbagi menjadi dua sistem, yaitu SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) dan BISINDO (Bahasa Isyarat Indonesia). BISINDO dikembangkan oleh penyandang tunarungu melalui GERKATIN (Gerakan Kesejahteraan Tunarungu Indonesia), sedangkan SIBI dikembangkan oleh masyarakat umum dengan mengadopsi American Sign Language (ASL). SIBI resmi digunakan oleh seluruh Sekolah Luar Biasa di bawah Kemendikbudristek [1]. Kemajuan teknologi kecerdasan buatan membuka peluang besar untuk menghadirkan solusi inovatif dalam bidang komunikasi. Salah satunya adalah penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali pola visual dari gerakan tangan dalam bahasa isyarat. Dengan memanfaatkan kamera sebagai sensor input dan Raspberry Pi sebagai perangkat komputasi, isyarat tangan dapat diolah menjadi teks yang mudah dipahami masyarakat umum [2].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun perangkat penerjemah bahasa isyarat SIBI berbasis CNN menggunakan Raspberry Pi untuk menghasilkan penerjemahan secara real-time ke dalam teks. Perangkat ini terdiri dari kamera untuk membaca gerakan tangan dan Raspberry Pi untuk mengolah data serta menampilkan hasil terjemahan dalam bentuk teks pada LCD.

II. METODOLOGI PENELITIAN

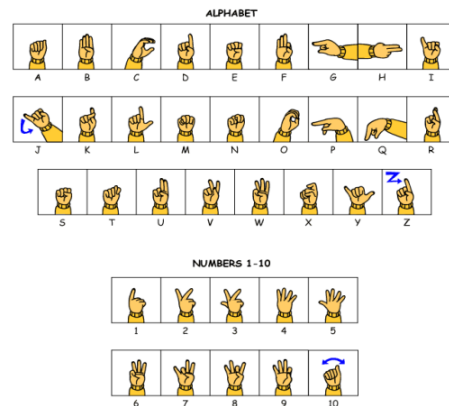
A. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)

SIBI menggunakan satu tangan untuk mengisyaratkan abjad, angka, dan kata-kata, dengan struktur tata bahasa yang sama seperti bahasa lisan Indonesia. SIBI dikembangkan sebagai alat bantu komunikasi untuk keperluan pendidikan formal [3]. Perbedaan mendasar antara SIBI dan BISINDO dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan SIBI dan BISINDO

Aspek	SIBI	BISINDO
Asal-Usul	Dikembangkan pemerintah	Berkembang secara alami
Tata Bahasa	Mengikuti tata bahasa Indonesia	Tidak terstruktur, fleksibel
Penggunaan Tangan	Satu tangan	Dua tangan
Konteks Penggunaan	Pendidikan formal	Kehidupan sehari-hari
Fleksibilitas	Kaku dan terstandar	Dinamis dan ekspresif

Gambar 1 berikut menunjukkan contoh pola tangan SIBI yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini, mencakup isyarat angka, huruf abjad, dan beberapa kosakata dasar sesuai dengan kamus resmi SIBI Kemendikbudristek.



Gambar 1. Contoh Pola Tangan SIBI

Gambar 1 menunjukkan pola tangan SIBI berdasarkan kamus resmi Kemendikbudristek yang menjadi acuan pengambilan dataset dalam penelitian ini, meliputi isyarat huruf (A–Z) dan angka (1–10).

B. Convolutional Neural Network (CNN)

CNN merupakan salah satu metode deep learning yang banyak digunakan dalam pengolahan citra digital karena kemampuannya mengenali pola secara otomatis tanpa perlu proses ekstraksi fitur secara manual. CNN terdiri dari tiga lapisan utama: Convolutional Layer, Pooling Layer, dan Fully Connected Layer.

Convolutional Layer adalah lapisan pertama yang menerima input gambar dan melakukan operasi konvolusi dengan menerapkan filter linier pada area lokal gambar [4]. Pooling Layer berfungsi untuk mereduksi dimensi data tanpa menghilangkan informasi utama dari peta fitur sehingga membuat jaringan lebih efisien dan tidak mudah mengalami overfitting [5]. Fully Connected Layer mengubah feature map menjadi vektor satu dimensi melalui proses flatten, lalu digunakan untuk klasifikasi akhir menggunakan fungsi softmax.

Dropout Layer digunakan untuk mencegah overfitting dengan menonaktifkan sementara sejumlah neuron selama proses pelatihan. Fungsi aktivasi ReLU digunakan pada lapisan tersembunyi untuk memperkenalkan non-linearitas, sedangkan fungsi softmax digunakan pada lapisan output untuk menghasilkan distribusi probabilitas kelas.

C. MediaPipe Hands

MediaPipe adalah kerangka kerja yang dikembangkan oleh Google untuk memproses data persepsi seperti audio dan video. MediaPipe Hands mampu mendeteksi 21 titik landmark pada tangan secara real-time, yang menjadi dasar ekstraksi fitur dalam penelitian ini. Landmark tersebut mencakup titik-titik kunci pada pergelangan tangan, ruas jari, dan ujung jari.

D. Perangkat Keras

Raspberry Pi 5 adalah komputer papan tunggal (single-board computer) yang dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation [6]. Raspberry Pi 5 dilengkapi SoC BCM2712, GPU VideoCore VII @ 800 MHz, memori SDRAM hingga 16 GB, dua port USB 3.0, serta konektivitas Wi-Fi 2,4/5 GHz dan Bluetooth 5.0.



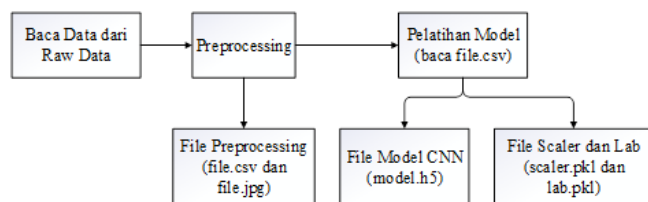
Gambar 2. Raspberry Pi 5

Raspberry Pi 5 yang digunakan sebagai unit pemrosesan utama pada perangkat penerjemah bahasa isyarat SIBI, beserta port dan antarmuka yang terhubung ke komponen pendukung lainnya. Gambar Raspberry Pi 5 dapat dilihat pada Gambar 2.

LCD I2C 16x2 digunakan sebagai media penampil output berupa teks hasil terjemahan. Modul ini menggunakan komunikasi serial dua arah I2C (Inter Integrated Circuit) melalui saluran SCL dan SDA [7]. Webcam digunakan sebagai modul kamera dengan resolusi 1920 x 1080 untuk menangkap pola tangan secara real-time [8]. Komponen perangkat keras pendukung yang digunakan dalam penelitian ini meliputi LCD I2C 16x2 sebagai output, webcam sebagai sensor kamera, dan push button sebagai tombol pemilihan mode.

E. Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui empat tahapan utama. Pertama, pengambilan dataset secara primer menggunakan kamera laptop dengan mengadaptasi gerakan SIBI dari kamus resmi Kemendikbudristek. Dataset mencakup 86 kelas (angka 0–9, huruf A–Z, dan 50 kosakata) dengan total 17.220 data citra pola tangan menggunakan 9 variasi warna background.

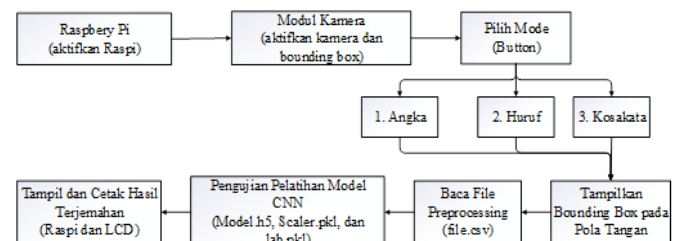


Gambar 3. Diagram Blok Pelatihan Model

Berikut menunjukkan diagram blok alur pelatihan model CNN, dimulai dari pengambilan raw data pola tangan, preprocessing (deteksi landmark, normalisasi koordinat, ekstraksi fitur), penyimpanan dalam format CSV, pelatihan model, hingga penyimpanan model terlatih dalam file

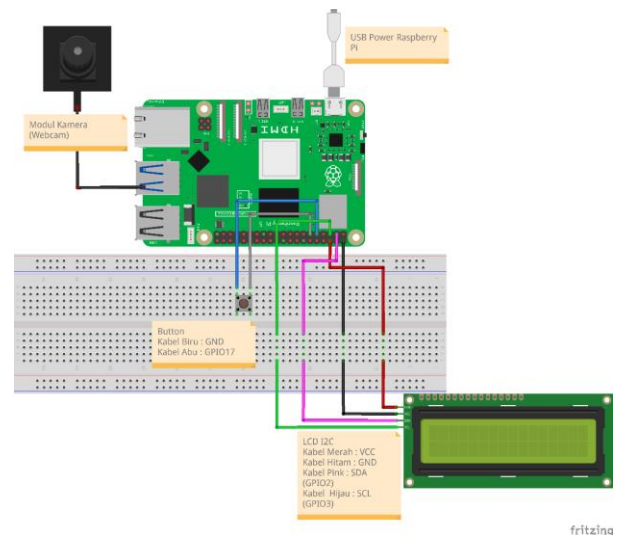
model.h5, scaler.pkl, dan label.pkl. Gambar diagram blok pelatihan model dapat dilihat pada Gambar 3.

Tahap kedua adalah preprocessing yang meliputi deteksi landmark tangan menggunakan MediaPipe, normalisasi koordinat terhadap posisi pergelangan tangan dan jarak skala, ekstraksi fitur numerik 66 dimensi, serta penyimpanan dalam format CSV. Tahap ketiga adalah pelatihan model menggunakan arsitektur Sequential dengan optimizer Adam dan mekanisme early stopping. Tahap keempat adalah pengujian sistem dan perangkat secara real-time.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Penerjemah Bahasa Isyarat SIBI

Berikut adalah diagram blok sistem penerjemahan secara keseluruhan pada Raspberry Pi, mencakup alur dari aktivasi kamera, pemilihan mode via push button, deteksi bounding box tangan, pemrosesan model CNN, hingga tampilan hasil terjemahan pada LCD dan layar monitor. Diagram Blok Sistem dapat dilihat pada Gambar 4.

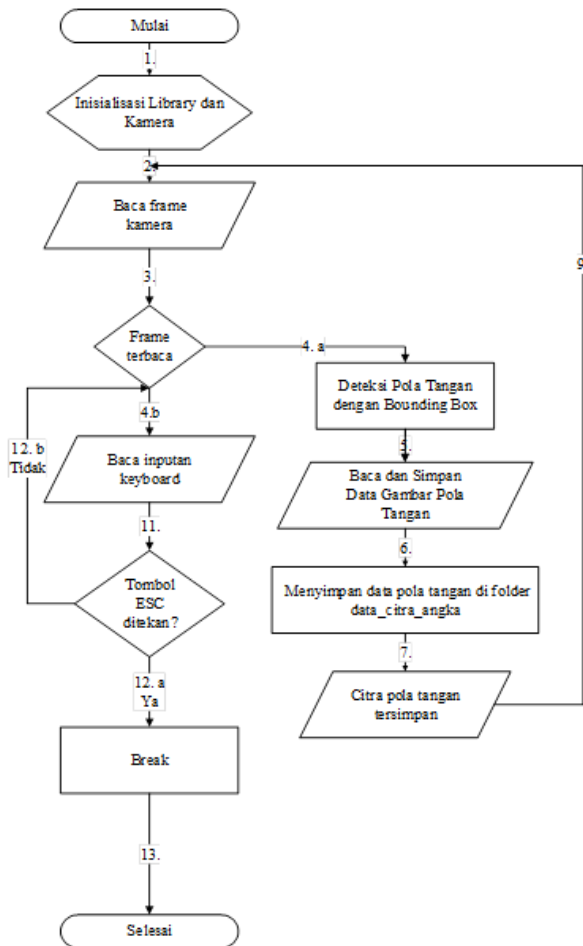


Gambar 5. Skema Rangkaian Elektronika

Skema rangkaian elektronika perangkat yang menggambarkan koneksi antara Raspberry Pi dengan LCD I2C (pin SDA ke GPIO2, SCL ke GPIO3, VCC ke 5V, GND ke GND), webcam (port USB), dan push button (pin GPIO17 dan GND). Skema rangkaian dapat dilihat pada Gambar 5.

Berikut menampilkan flowchart alur pengambilan data angka (0–9) dan huruf (A–Z) SIBI. Proses dimulai dari inisialisasi library dan kamera, deteksi tangan dengan

bounding box, input label melalui tombol keyboard, penyimpanan citra ke folder berdasarkan kelas, hingga penghentian dengan tombol ESC. Proses ini lalu dilanjutkan dengan pengambilan data kosakata SIBI, di mana penulis memasukkan nama kosakata melalui parameter `word_name`, kemudian sistem secara otomatis mengaktifkan mode auto-capture dan menyimpan data citra pola tangan ke dalam folder yang sesuai. Flowchart pengambilan data dan angka dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Flowchart Pengambilan Data Angka dan Huruf SIBI

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancangan Perangkat

Rancangan perangkat mengintegrasikan metode CNN untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan pola gerakan tangan secara otomatis pada Raspberry Pi 5. Semua komponen ditempatkan dalam kotak berukuran 21 cm x 15,5 cm x 8 cm yang bersifat portabel dengan bantuan tripod untuk menyesuaikan ketinggian.

Detail rancangan perangkat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut. Rincian di dalam Tabel 2 terdiri dari Komponen, Jumlah, dan Pin.

Tabel 2. Rincian Komponen Perangkat

No.	Komponen	Jumlah	Pin / Koneksi
1	Raspberry Pi 5	1 unit	-
2	Adaptor 5V	1 unit	Power USB-C
3	Modul Kamera (Webcam)	1 unit	Port USB
4	LCD I2C 16x2	1 unit	SDA:GPIO2, SCL:GPIO3
5	Push Button	1 unit	GPIO17 & GND
6	Breadboard	1 buah	-
7	Kabel Jumper	10 buah	-

B. Implementasi Sistem

Pengambilan data citra pola tangan menggunakan OpenCV (cv2) untuk menangkap frame dari kamera, MediaPipe untuk mendeteksi 21 landmark tangan, dan library OS untuk mengelola struktur direktori. Setiap kategori (angka, huruf, kosakata) memiliki folder penyimpanan terstruktur sesuai kelasnya.

Preprocessing dilakukan dengan normalisasi koordinat landmark terhadap posisi pergelangan tangan (wrist) dan jarak skala, menghasilkan vektor fitur 66 dimensi (koordinat x, y, z dari 21 landmark ditambah 3 jarak antar ujung jari). Hasil preprocessing disimpan dalam format CSV sebagai input pelatihan model.

Model dibangun menggunakan arsitektur Sequential: Dense(64, relu) → Dropout(0.3) → Dense(32, relu) → Dense(num_classes, softmax), dikompilasi dengan optimizer Adam, fungsi loss categorical crossentropy, dan mekanisme early stopping (patience=10) untuk mencegah overfitting.

C. Uji Coba Pengambilan Data SIBI

Pengambilan data dilakukan dengan penulis memperagakan pola gestur tangan SIBI di depan kamera dengan background berwarna coklat pada jarak 38–40 cm. Bounding box hijau aktif ketika pola tangan terdeteksi utuh, dan data tersimpan secara terstruktur ke dalam folder berdasarkan kelasnya. Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Pengambilan Data SIBI

Kategori	Jumlah Kelas	Jumlah Data	Status
Angka	10 kelas (0–9)	2.700 citra	Berhasil
Huruf	26 kelas (A–Z)	7.020 citra	Berhasil
Kosakata	50 kelas	7.500 citra	Berhasil
Total	86 kelas	17.220 citra	Berhasil

D. Uji Coba Pengujian Data SIBI Tanpa LCD

Pengujian dilakukan menggunakan kamera laptop dengan jarak 40 cm dan kondisi pencahayaan normal. Hasil prediksi ditampilkan melalui jendela antarmuka digital tanpa

keterlibatan LCD untuk memverifikasi kinerja model sebelum integrasi perangkat keras.

Berikut adalah tabel hasil uji coba pengujian data SIBI tanpa LCD. Di dalam tabel ini terdapat Kategori, Hasil Terjemahan, dan Tingkat Prediksi. Tabel dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Coba Pengujian Data SIBI Tanpa LCD

Kategori	Hasil Terjemahan	Tingkat Prediksi
Angka	Angka: 5	70%
Huruf	Huruf: A	99%
Kosakata	Kosakata: Dasi	99%

E. Uji Coba Pengujian Data SIBI Menggunakan LCD

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Android dengan jarak kamera 50–75 cm. Sistem menerima input citra pola tangan melalui kamera, memproses melalui tahap deteksi tangan, ekstraksi landmark, normalisasi, dan prediksi CNN, lalu menampilkan hasil pada LCD. Pengujian juga dilakukan menggunakan tangan pengguna lain (jarak 110 cm) untuk mengukur kemampuan generalisasi model. Hasil pengujian pola tangan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Pola Tangan pada LCD

Hasil Uji Coba	Hasil Terjemahan	Keterangan
		Angka 1
		Angka 3
		Angka 6
		Huruf A
		Huruf I
		Kosakata: Enak

Tabel 5 Lanjutan. Hasil Pengujian Pola Tangan pada LCD

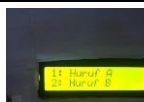
Hasil Uji Coba	Hasil Terjemahan	Keterangan
		Kosakata: Baik
		Kosakata: Ya

Tabel menampilkan dokumentasi uji coba pengujian data SIBI menggunakan perangkat Raspberry Pi dan LCD, menunjukkan tampilan bounding box pada layar monitor beserta hasil terjemahan yang ditampilkan pada LCD I2C 16x2 untuk kategori angka, huruf, dan kosakata.

F. Uji Coba Pengujian Dua Tangan

Uji coba dengan dua tangan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem mendeteksi dan memproses dua pola tangan secara simultan. Sistem menggunakan konfigurasi multi-hand detection MediaPipe. Pengujian dilakukan pada jarak 50–100 cm dengan berbagai variasi kombinasi isyarat.

Tabel 6. Hasil Pengujian Dua Tangan

Hasil Uji Coba	Hasil Terjemahan	Keterangan
		Tangan 1 : Benar Tangan 2 : Benar
		Tangan 1 : Salah Tangan 2 : Benar
		Tangan 1 : Benar Tangan 2 : Benar

Tabel 6 menampilkan dokumentasi uji coba pengujian pola dua tangan secara bersamaan, menunjukkan bounding box yang aktif pada kedua tangan dan hasil terjemahan yang ditampilkan pada layar monitor dan LCD.

G. Analisis Hasil

Berdasarkan serangkaian pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil analisis bahwa sistem mampu mengambil data angka, huruf, dan kosakata dengan kondisi pencahayaan yang optimal pada jarak 38–40 cm. Model CNN menunjukkan tingkat prediksi yang baik, dengan akurasi huruf dan kosakata mencapai 99%, sedangkan beberapa pola angka yang memiliki kemiripan bentuk mendapatkan tingkat prediksi 70%. Perangkat juga mampu menerjemahkan pola tangan pengguna lain yang tidak termasuk dalam dataset pelatihan, membuktikan kemampuan generalisasi model yang memadai. Namun, sistem belum mampu menerjemahkan dua pola

tangan secara bersamaan dengan konsisten, karena sistem membaca dua pola tangan yang mirip sebagai kelas yang sama sehingga terjadi kesalahan klasifikasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian perangkat penerjemah bahasa isyarat SIBI berbasis CNN pada Raspberry Pi, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun mampu menangkap, mengenali, dan menerjemahkan pola tangan SIBI secara real-time. Pengujian dengan kondisi pencahayaan normal menghasilkan tingkat akurasi yang baik, dengan prediksi huruf dan kosakata mencapai 99%. Perangkat juga berhasil menerjemahkan pola tangan pengguna lain yang tidak terdapat dalam dataset pelatihan, menunjukkan kemampuan generalisasi model CNN yang memadai. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, perangkat ini cukup mampu digunakan dalam berkomunikasi dengan tunarungu. Namun, sistem masih belum mampu menerjemahkan dua pola tangan secara bersamaan dengan akurasi yang konsisten, karena sistem membaca dua pola tangan yang mirip sehingga terjadi kesalahan penerjemahan. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menambahkan dataset yang melibatkan penggunaan dua tangan secara bersamaan, mengumpulkan dataset yang lebih beragam dari berbagai pengguna, serta mempertimbangkan penggunaan perangkat dengan daya komputasi lebih tinggi seperti Nvidia Jetson Nano atau Nvidia Jetson Xavier NX untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

REFERENSI

- [1] sd.alharaki.sch.id, "Hari Bahasa Isyarat Internasional Mengenal BISINDO & SIBI," 23 September 2025.
- [2] A. Dani dan M. Anwar, "Machine Learning untuk Klasifikasi Gestur Tangan," Jurnal Ilmu Komputer, 2024.
- [3] I. Abidin, Penerapan Mediapipe dan Algoritma Random Forest Terhadap Sistem Penerjemah Bahasa Isyarat SIBI. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar, 2024.
- [4] binus.ac.id, "Pengolahan Citra Digital: Konsep dan Teknik," Juli 2023. [Online]. Tersedia: <https://binus.ac.id/malang/2023/07/pengolahan-citra-digital-konsep-danteknik/>. [Diakses: 16 Oktober 2025].
- [5] M. Q. Anshori, Sistem Deteksi Penggunaan Helm Pelindung Menggunakan Haar Cascade Classifier dan Convolutional Neural Network. Tarakan: STMIK PPKIA Tarakanita Rahmawati, 2025.
- [6] bisa.ai, "Mengenal Raspi Sebagai Perangkat Komputer Mini," 6 Juni 2023. [Online]. Tersedia: <https://bisa.ai/portofolio/detail/MzE0Ng>. [Diakses: 15 Oktober 2025].
- [7] www.sinauprogramming.com, "Menampilkan Text Pada LCD 16x2 I2C Arduino," 15 Oktober 2020. [Online]. Tersedia: <https://www.sinauprogramming.com/2020/10/menampilkan-text-pada-lcd-16x2-arduino.html>. [Diakses: 11 Oktober 2025].
- [8] id.cameramodule.com, "Apa itu modul kamera?," 6 September 2023. [Online]. Tersedia: <http://id.cameramodule.com/info/what-is-a-camera-module-98625447.html>. [Diakses: 19 Oktober 2025].