

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini mengimplementasikan pendekatan *computer vision* dalam membangun sistem penerjemah Bahasa Isyarat American Sign Language (ASL) berbasis framework Mediapipe dan model Convolutional Neural Network (CNN). Sistem dirancang untuk mengenali 34 gestur statis yang terdiri dari 24 huruf alfabet (kecuali huruf J dan Z) serta 10 angka (1 hingga 10).

Berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi sistem, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model CNN yang dilatih menggunakan fitur landmark tangan dari Mediapipe mampu mengklasifikasikan gestur dengan **akurasi pengujian sebesar 79%**, serta memperoleh **makro presisi sebesar 0.83** dan **makro recall sebesar 0.79**, yang menunjukkan bahwa kinerja klasifikasinya cukup memuaskan secara keseluruhan.
2. Analisis confusion matrix serta classification report menungkapkan akurasi sangat tinggi pada gestur tertentu, misalnya "i", "l", "q", dan "y", sementara gestur yang bentuknya mirip, seperti "f", "v", dan "w", masih menunjukkan F1-score rendah. Hal ini dipengaruhi oleh kemiripan visual antar-gestur atau keterbatasan variasi data untuk kelas tersebut.
3. Dataset yang digunakan dalam pelatihan cenderung didominasi oleh gambar tangan **kiri**, sehingga performa pengenalan terhadap tangan kanan menjadi kurang optimal. Hasil uji menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan **24 gestur tangan kiri dengan benar**, sedangkan hanya **16 gestur tangan kanan** yang berhasil dikenali dengan akurasi memadai.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengenalan gesture berbasis CNN dan Mediapipe dapat digunakan sebagai solusi awal

- dalam membangun sistem penerjemah bahasa isyarat ke dalam teks, sehingga dapat mendukung komunikasi inklusif antara penyandang disabilitas tunarungu dengan masyarakat luas.
5. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi asistif untuk komunikasi penyandang disabilitas tunarungu di Indonesia dengan pendekatan real-time berbasis MediaPipe dan CNN, untuk integrasi dengan gesture dinamis menggunakan LSTM/GRU, pengembangan menjadi aplikasi mobile, kolaborasi dengan komunitas penyandang disabilitas untuk usability testing.

## 5.2 Saran

Untuk menyempurnakan penelitian di masa mendatang, beberapa rekomendasi berikut dapat dipertimbangkan:

1. **Perbaikan Kualitas dan Keseimbangan Dataset:** Perlu dilakukan penambahan jumlah data, khususnya untuk tangan kanan dan gestur dengan performa klasifikasi rendah. Variasi dalam hal posisi tangan, latar belakang, pencahayaan, dan subjek yang beragam juga penting untuk meningkatkan generalisasi model.
2. **Implementasi Teknik Augmentasi Data Terprogram:** Mengimplementasikan teknik augmentasi data secara terprogram (selain augmentasi manual yang telah dilakukan) untuk menghasilkan variasi data yang lebih konsisten, terkontrol, dan beragam (misalnya rotasi acak, translasi, shear, perubahan skala, noise).
3. **Eksplorasi Arsitektur Model Alternatif:** Mengimplementasikan dan membandingkan dengan arsitektur model deep learning lain seperti CNN 2D (jika menggunakan input gambar mentah atau representasi gambar dari landmark), LSTM atau GRU (untuk menangkap aspek temporal jika gestur dianggap dinamis), atau arsitektur Transformer yang mungkin lebih baik dalam menangkap relasi antar landmark.
4. **Penanganan Diskrepansi Akurasi:** Melakukan investigasi mendalam terhadap penyebab perbedaan signifikan antara akurasi

validasi dan akurasi pengujian, termasuk analisis distribusi data pada masing-masing set.

5. **Pengembangan Fitur Lanjutan:**

- **Pengenalan Gestur Dinamis:** Mengembangkan sistem agar mampu mengenali gestur dinamis seperti huruf 'J' dan 'Z' yang melibatkan gerakan.
  - **Pengenalan Kalimat:** Mengembangkan kemampuan sistem untuk mengenali rangkaian gestur menjadi kalimat atau frasa utuh, tidak hanya gestur Tunggal.
  - **Integrasi Konteks Tambahan:** Mempertimbangkan integrasi informasi lain seperti ekspresi wajah atau gerakan tubuh bagian atas (jika relevan untuk ASL) menggunakan modul MediaPipe lainnya (Face Mesh, Pose) untuk meningkatkan akurasi dan pemahaman makna.
6. **Optimasi Kinerja Real-Time:** Terapkan teknik kuantisasi, pruning, atau model ringan lain untuk mempercepat inferensi di perangkat seluler maupun sistem tertanam.
7. **Pengujian Pengguna (UAT):** Melibatkan pengguna dari komunitas tunarungu untuk mendapatkan umpan balik mengenai fungsionalitas, usabilitas, dan kebermanfaatan aplikasi.