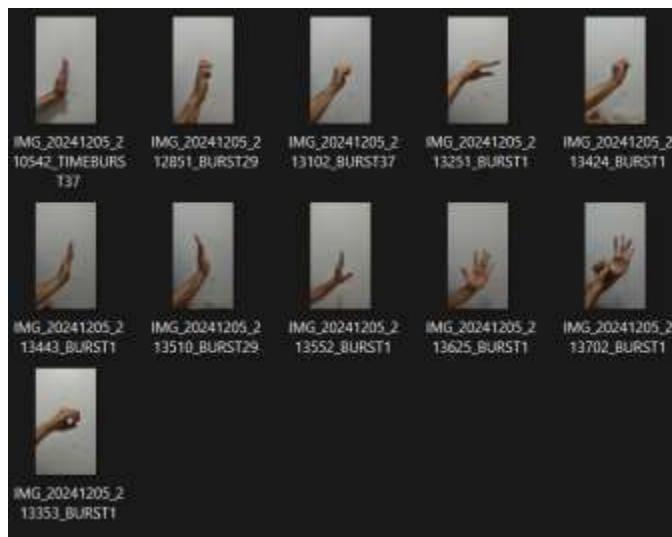


## BAB IV Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini melakukan metode penelitian eksperimental melalui banyak tahapan, yaitu:

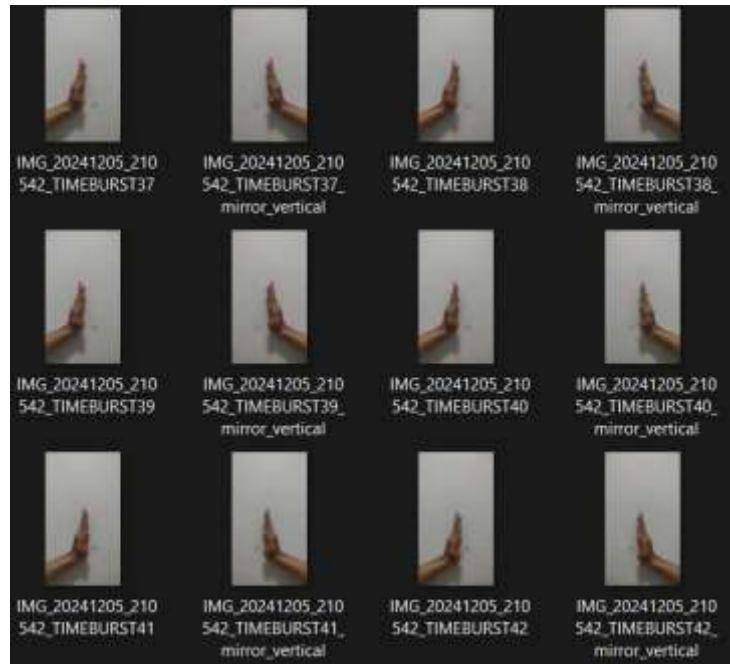
### A. Pengumpulan *Dataset*

Pada tahapan pertama pengumpulan dataset peneliti mengumpulkan data yang berbentuk gambar atau foto tangan, dataset bersumber dari foto tangan lulusan Fisioterapi Universitas Esa Unggul yang Bernama Muhammad Andriansyah Fardana Putra S.Ft.



**Gambar 4. 1 *Dataset* Pola Gerakan Tangan**

Setelah dataset terkumpul peneliti melakukan augmentasi data dengan metode mirror vertical yang bertujuan untuk memperbanyak data dan mendapatkan hasil yang lebih akurat. *Dataset* berisi 11 pola gerakan tangan berbeda dengan total 2.200 yang dibagi menjadi folder gerakan a hingga gerakan h dengan rincian gerakan a berjumlah 200, gerakan b berjumlah 200, gerakan c berjumlah 200, gerakan d berjumlah 200, gerakan e berjumlah 200, gerakan f berjumlah 200, gerakan g berjumlah 200, gerakan h berjumlah 200, gerakan i berjumlah 200, gerakan j berjumlah 200, gerakan k berjumlah 200.



**Gambar 4. 2 Hasil Augmentasi Data**

### B. Implementasi MediaPipe Hands

Setelah dataset terkumpul, penulis memisahkan data secara manual dengan mengelompokkan setiap gambar berdasarkan kategori bentuk gerakan tangan yang sesuai. Setiap kategori dimasukkan ke dalam salah satu dari 11 folder, yang masing-masing merepresentasikan jenis gerakan tangan: gerakan a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, dan k. Setelah pemisahan selesai, penulis melakukan augmentasi gambar menggunakan teknik mirror vertical untuk meningkatkan akurasi dataset dalam setiap folder kategori. Setiap folder berisi 200 gambar, sehingga total dataset berjumlah 2.200 gambar, termasuk hasil augmentasi.

Selanjutnya, penghitungan sudut antara tiga titik, yaitu MCP, PIP, dan DIP, dilakukan menggunakan koordinat tiga titik: a, b, dan c. Titik b merupakan pusat sudut, sedangkan titik a dan c adalah ujung dua vektor yang membentuk sudut. Landmark yang digunakan meliputi MCP (*Metacarpophalangeal*) sebagai pangkal jari, PIP (*Proximal Interphalangeal*) sebagai sendi tengah jari, DIP (*Distal Interphalangeal*) sebagai sendi dekat ujung jari, dan Tip sebagai ujung jari. Penghitungan ini dilakukan dengan memanfaatkan MediaPipe Hands, yang mendeteksi 21 landmark pada masing-masing tangan, baik kiri maupun kanan..



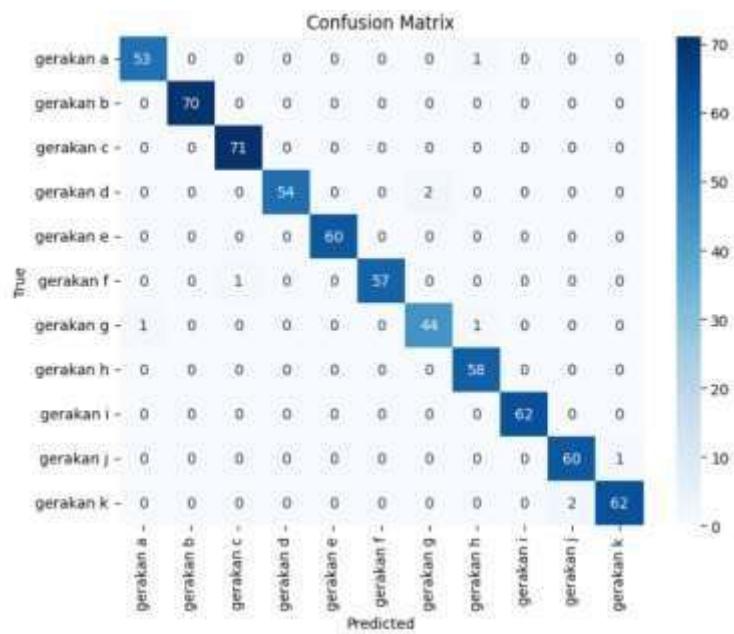
**Gambar 4. 3 Landmark Mediapipe Hands**

### C. Pengujian Model

Dataset yang telah dilatih dievaluasi menggunakan confusion matrix. Setiap klasifikasi gerakan tangan menghasilkan nilai precision, recall, dan F1-score. Proses pelatihan model menggunakan pustaka *scikit-learn* dari Python. Untuk pengujian model peneliti melakukan 2 percobaan evaluasi model dengan perbedaan pembagian train data dan test data, untuk percobaan pertama peneliti membagi data menjadi 70% untuk train data dan 30% untuk test data.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
gerakan a	0.98	0.98	0.98	54
gerakan b	1.00	1.00	1.00	70
gerakan c	0.99	1.00	0.99	71
gerakan d	1.00	0.96	0.98	56
gerakan e	1.00	1.00	1.00	60
gerakan f	1.00	0.98	0.99	58
gerakan g	0.96	0.96	0.96	46
gerakan h	0.97	1.00	0.98	58
gerakan i	1.00	1.00	1.00	62
gerakan j	0.97	0.98	0.98	61
gerakan k	0.98	0.97	0.98	64
accuracy			0.99	660
macro avg	0.99	0.99	0.99	660
weighted avg	0.99	0.99	0.99	660

**Gambar 4. 4 Akurasi klasifikasi percobaan 1**



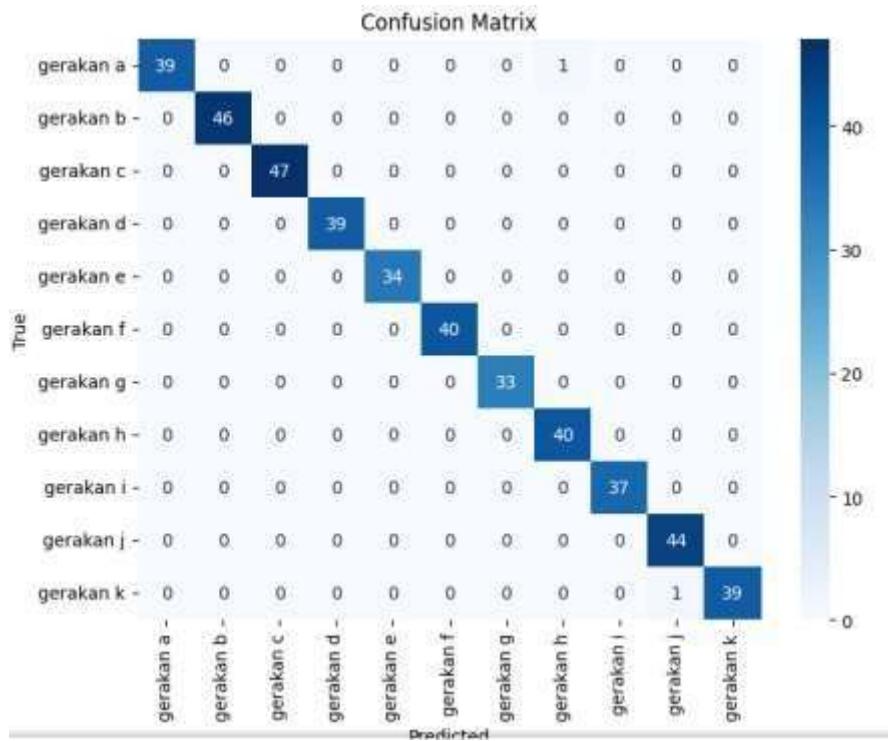
**Gambar 4. 5 Evaluasi model percobaan 1**

Berdasarkan hasil evaluasi, model dengan menggunakan train data 70% dan test data 30%, menghasilkan Tingkat akurasi 98.64%.

Untuk Percobaan kedua peneliti membagi data menjadi 80% untuk train data dan 20% untuk test data. Hasil percobaan akan terlihat di gambar bawah.

Classification report:		precision	recall	f1-score	support
gerakan a	1.00	0.97	0.99	40	
gerakan b	1.00	1.00	1.00	46	
gerakan c	1.00	1.00	1.00	47	
gerakan d	1.00	1.00	1.00	39	
gerakan e	1.00	1.00	1.00	34	
gerakan f	1.00	1.00	1.00	40	
gerakan g	1.00	1.00	1.00	33	
gerakan h	0.98	1.00	0.99	40	
gerakan i	1.00	1.00	1.00	37	
gerakan j	0.98	1.00	0.99	44	
gerakan k	1.00	0.97	0.99	40	
accuracy				1.00	440
macro avg	1.00	1.00	1.00	440	
weighted avg	1.00	1.00	1.00	440	

**Gambar 4. 6 Akurasi klasifikasi percobaan 2**

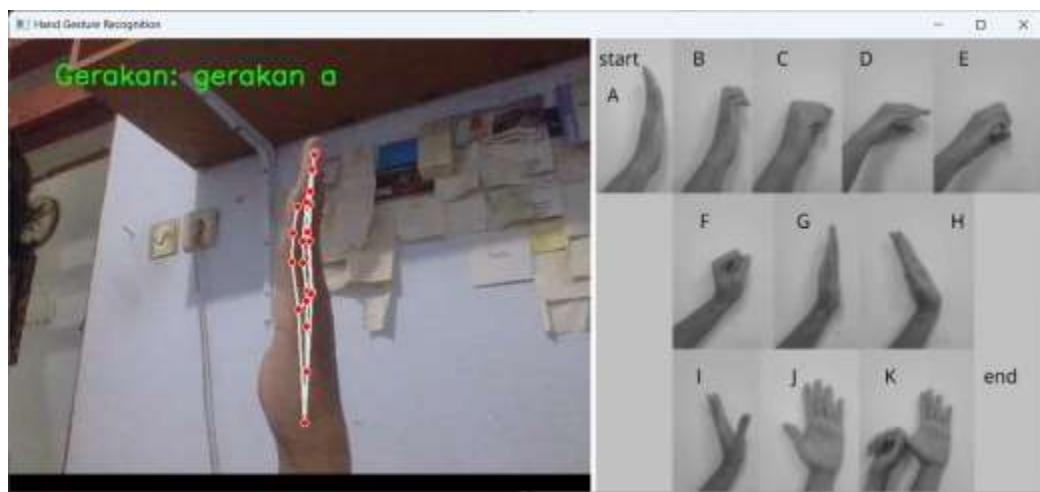


**Gambar 4. 7 Evaluasi model percobaan 2**

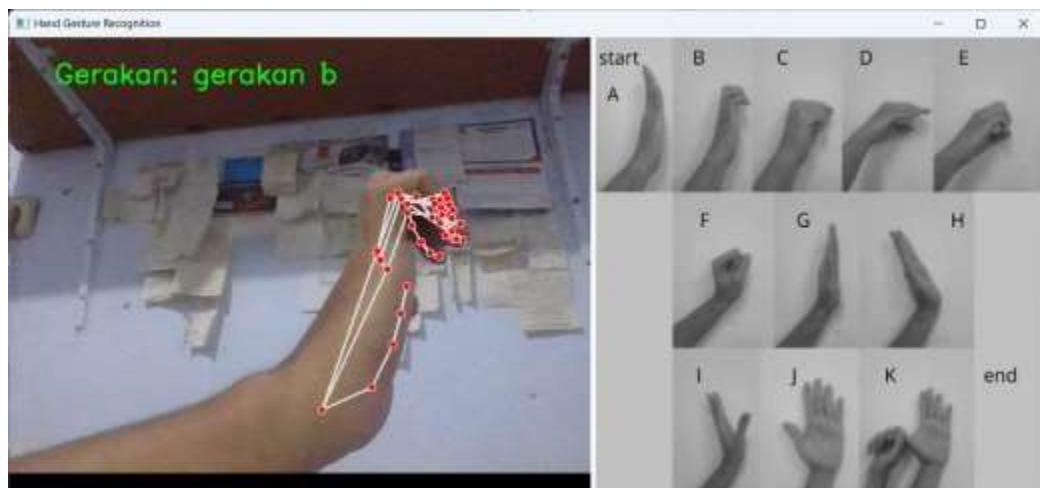
Berdasarkan hasil evaluasi di atas, model dengan train data 80% dan test data 20%, menghasilkan Tingkat akurasi 99.55%, setelah hasil evaluasi diketahui data evaluasi model akan di simpan. Dengan adanya dua percobaan evaluasi model dengan metode *Random Forest Classifier* menunjukkan fungsi yang sangat baik dalam mengklasifikasi gerakan tangan.

#### D. Pengujian *Real Time*

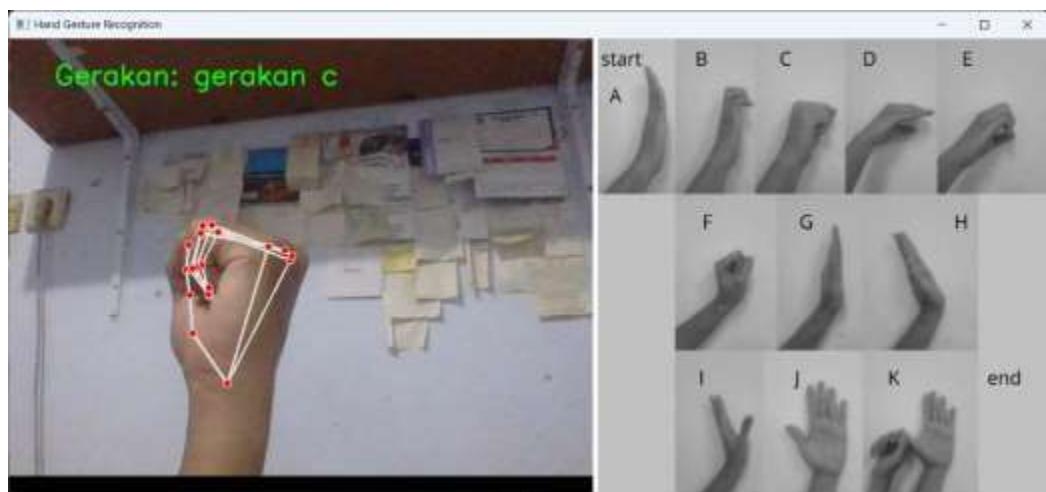
Sistem *open camera* tetap menggunakan fitur-fitur yang telah ada sebelumnya, namun dengan tambahan untuk menentukan tampilan gerakan tangan. Setelah alur kerja dan perhitungan klasifikasi gerakan tangan selesai dirancang, langkah berikutnya adalah melakukan pengklasifikasian berdasarkan sudut gerakan tangan yang diperoleh dari hasil penghitungan sudut pada dataset di tahap sebelumnya. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fungsi untuk menampilkan gambar bentuk gerakan tangan beserta urutan gerakannya.



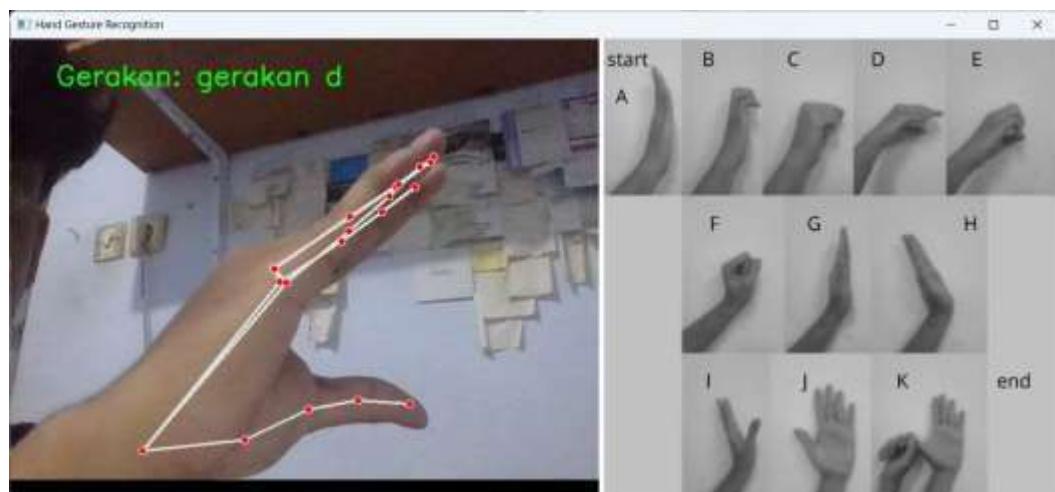
Gambar 4. 8 Hasil Gambar Gerakan A



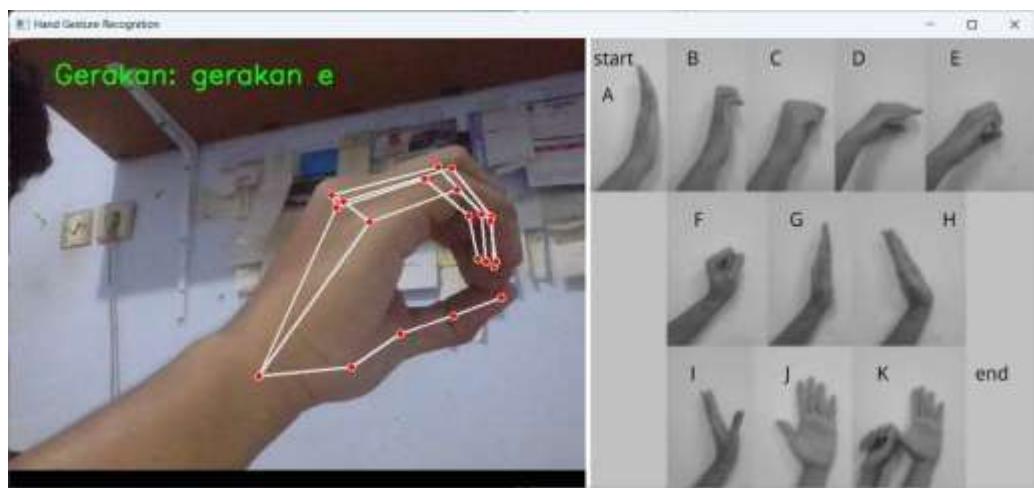
Gambar 4. 9 Hasil Gambar Gerakan B



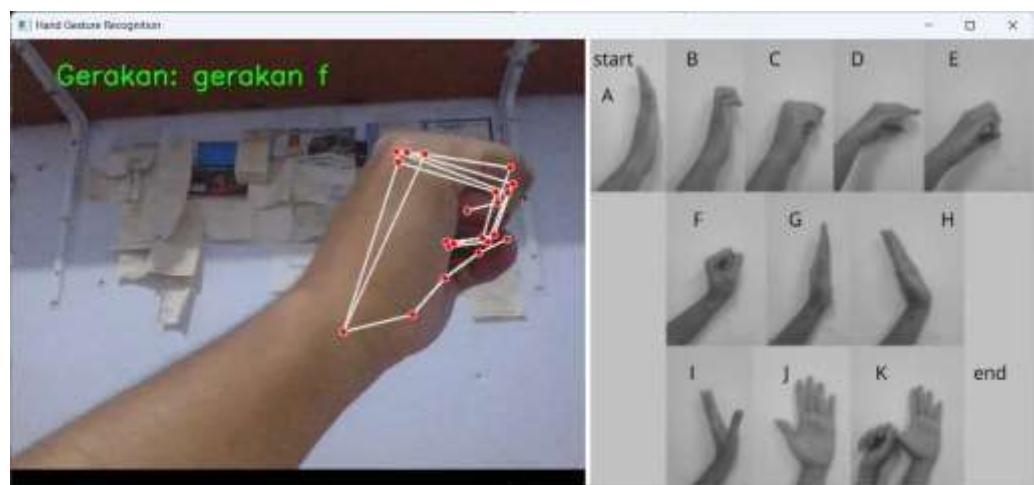
Gambar 4. 10 Hasil Gambar Gerakan C



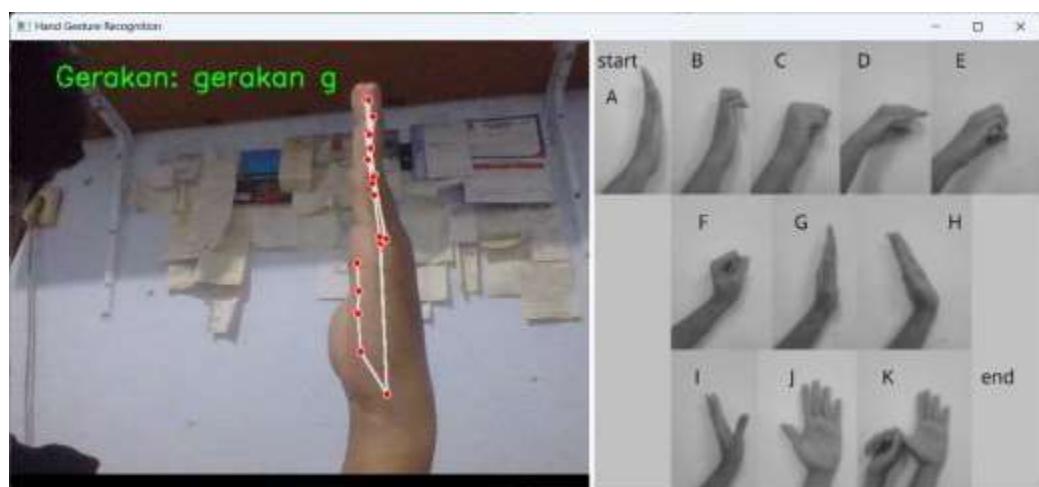
Gambar 4. 11 Hasil Gambar Gerakan D



Gambar 4. 12 Hasil Gambar Gerakan E



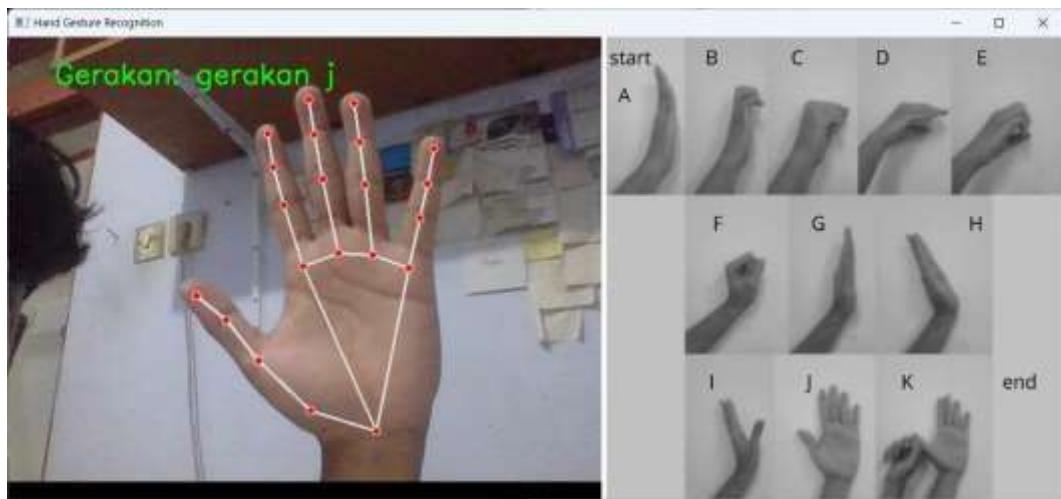
Gambar 4. 13 Hasil Gambar Gerakan F



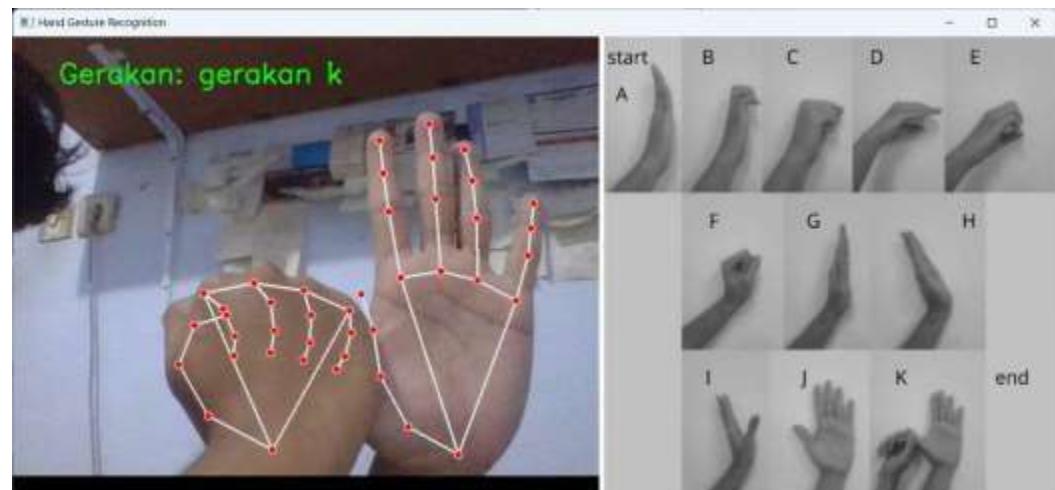
Gambar 4. 14 Hasil Gambar Gerakan G



Gambar 4. 15 Hasil Gambar Gerakan I



Gambar 4. 16 Hasil Gambar Gerakan J



Gambar 4. 17 Hasil Gambar Gerakan K

Kumpulan gambar di atas merupakan hasil dari *open camera* saat program dijalankan, yang menampilkan dua frame secara bersamaan. Frame pertama, yang terletak di sebelah kiri, menggunakan *open camera* dengan fungsi *OpenCV* dan *MediaPipe*. Pada frame ini, tangan pengguna harus berada di depan kamera agar sistem dapat mendeteksi bentuk gerakan tangan. Sistem akan menampilkan 21 landmark pada masing-masing tangan, sehingga total terdapat 42 landmark. Di bagian kiri atas frame, terdapat informasi mengenai bentuk gerakan tangan yang terdeteksi.

Frame kedua, yang berada di sebelah kanan, menampilkan gambar bentuk gerakan tangan yang berfungsi sebagai panduan bagi pengguna untuk mengikuti pola gerakan tersebut. Gambar pada frame kedua diambil dari penelitian terkait latihan CTS sebagai referensi..

Latihan mobilisasi sering digunakan sebagai metode untuk mengatasi gejala Carpal Tunnel Syndrome (CTS) dengan cara meningkatkan transportasi aksonal dan konduksi saraf. Latihan yang umum dilakukan meliputi gerakan tendon dan gerakan saraf. Latihan ini bertujuan untuk mengoptimalkan pergeseran relatif saraf median di dalam terowongan karpal serta pergeseran tendon fleksor satu sama lain.

Latihan tersebut mencakup serangkaian gerakan jari untuk mobilisasi tendon, serta gerakan pergelangan tangan dan jari untuk mobilisasi saraf median. Pasien dianjurkan untuk melakukan setiap latihan sebanyak sepuluh repetisi, tiga hingga lima kali sehari, dengan durasi penahanan posisi selama lima detik setiap kali (Utomo et al., 2020).