BAB 4
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap pembuatan perangkat lunak yang dilakukan berdasarkan hasil dari analisis dan perancangan yang telah dilakukan. Selanjutnya hasil dari analisis dan perancangan akan dilakukan pengkodean ke dalam bahasa pemrograman C#. Adapun implementasi sistem yang dilakukan terdiri dari implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, dan implementasi antarmuka.

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan digunakan untuk membangun sistem pengenalan bahasa isyarat menggunakan algoritma *Motion Chain Code* dan *Principal Component Analisis* dengan pertimbangan kebutuhan dan kemampuan perangkat keras untuk membangun program. Spesifikasi perangkat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Implementasi Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1	Processor	Intel Core i5, 2,2 GHz
2	RAM	8 GB
3	HDD	1 TB

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem pengenalan bahasa isyarat menggunakan algoritma *Motion Chain Code* dan *Principal Component Analisis* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Implementasi Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Perangkat Lunak
1	Sistem Operasi	Windows 10 – 64 bit
2	Compiler	Microsoft Visual Studio 2017
3	*Library*	EmguCV

4.1.3 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka pada pengenalan bahasa isyarat menggunakan algoritma *Motion Chain Code* dan *Principal Component Analisis* dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut

Tabel 4.3 Implementasi Antarmuka

No	Nama Antarmuka	Deskripsi	Nama File
1	Halaman Utama	Halaman utama dari sistem dimana terdapat pilihan untuk pengujian dan pelatihan	MenuControl.cs
2	Pelatihan Bahasa Isyarat	Untuk penambahan data latih dan melakukan pelatihan SVM	MenuControl.cs
3	Pengujian Bahasa Isyarat	Digunakan untuk melakukan pengujian huruf bahasa isyarat	MenuControl.cs
4	Hasil Preprocessing	Digunakan untuk melihat tahap *preprocessing*	form_preprocessing.cs
5	View Piksel	Digunakan untuk melihat piksel dari data *frame*	view_piksel.cs
5	Hasil Ekstraksi Ciri PCA	Digunakan untuk melihat hasil dari ekstraksi ciri PCA	form_PCA.cs
6	Pelatihan SVM	Digunakan untuk melakukan pelatihan SVM	form_pelatihan.cs

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan tahap yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem sesuai dengan rancangan sistem yang dibangun sebelumnya.

4.2.1 Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas sistem yang sudah dibuat. Hasil pengujian *black box* dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Pengujian *Black Box*

No	Kasus	Masukan	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
1	Halaman pelatihan bahasa isyarat	User Click	Menampilkan halaman pelatihan bahasa isyarat	(√) Ya () Tidak
2	Tombol Open Video	File .mp4	Membuka video unutk dilakukan pelatihan	(√) Ya () Tidak
3	Tombol Preprocessing	*Frame Video*	Menampilkan nilai untuk setiap tahap *preprocessing*	(√) Ya () Tidak
4	Tombol Ekstraksi Ciri PCA	*Frame*	Menampilkan nilai untuk tahapan ekstraksi ciri PCA	(√) Ya () Tidak
5	Tombol Pelatihan SVM	File .txt format svm	Menampilkan form pelatihan SVM	(√) Ya () Tidak
6	Tombol Simpan Data	data ekstraksi ciri	Menyimpan nilai hasil ekstraksi ciri	(√) Ya () Tidak
7	Tombol Uji Data	File .txt format svm	Melakukan pengujian akurasi	(√) Ya () Tidak

4.2.2 Pengujian *Confusion Matrix*

Pengujian akurasi menggunakan *confusion matrix* dilakukan untuk menguji performansi metode-metode yang digunakan dalam membangun sistem pengenalan gerakan bahasa isyarat. Metode yang akan dilakukan pengujian adalah metode *Motion Chain Code* untuk bahasa isyarat dinamis dan *Principal Component Analysis* bahasa isyarat statis.

1. Skenario Pengujian 1

Pada skenario pengujian 1 akan dilakukan pengujian akurasi untuk bahasa isyarat statis dan dinamis menggunakan 520 video data latih 520 video data uji. Masing-masing huruf gerakan bahasa isyarat memiliki 20 data latih dan 20 data uji. Pertama akan dilakukan pengujian bahasa isyarat dinamis huruf J dan Z. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Bahasa Isyarat Dinamis Skenario Pengujian 1

		Kelas Hasil Pengenalan Huruf		
	Kelas	**J**	**Z**	**Akurasi**
Kelas Sebenarnya	**J**	17	3	85%
	Z	4	16	80%
Toal Akurasi				82,5%

Kemudian pengujian akan dilakukan pengujian untuk bahasa isyarat statis dari huruf A sampai Z kecuali huruf J dan Z. Hasil pengujian untuk bahasa isyarat statis dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Bahasa Isyarat Statis Skenario Pengujian 1

Kelas Sebenarnya	Kelas Hasil Prediksi																									Hasil Akurasi
	Kelas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Akurasi
	A	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	70%
	B	0	12	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	0	0	60%
	C	0	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	65%
	D	0	2	1	12	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	60%
	E	0	2	1	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	55%
	F	0	1	0	1	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	60%
	G	1	0	0	1	0	0	13	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	65%
	H	0	1	0	1	0	0	1	8	1	0	0	0	0	1	2	1	2	0	1	0	1	0	0	1	40%
	I	1	0	0	0	0	2	0	0	12	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	40%
	K	0	2	0	0	1	0	0	1	0	12	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	60%
	L	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%
	M	0	1	0	1	0	0	1	0	2	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60%
	N	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	10	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	70%
	O	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	13	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	60%
	P	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	14	0	0	1	0	0	1	0	1	0	70%
	Q	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	12	0	1	0	0	0	1	0	0	60%
	R	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	14	0	0	0	0	1	0	0	70%
	S	1	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	1	60%
	T	1	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	65%
	U	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	14	0	0	1	0	60%
	V	0	1	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	60%
	W	1		0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	10	0	1	50%
	X	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	13	0	65%
	Y	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	11	55%
																										61%

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat *confussion matrix* yang didapat berdasarkan hasil pengujian bahasa isyarat statis dan dinamis.

Tabel 4.7 Confusion Matrix Skenario Pengujian 1

Kelas		Hasil Klasifikasi	
		P	N
Target	T	329	102
	F	89	0

Kemudian hitung akurasi dari *confussion matrix* yang sudah didapatkan menggunakan persamaan (2.35) berikut.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} * 100\%$$

$$= \frac{329}{(327 + 102 + 89 + 0)} * 100\%$$

$$= 63{,}2\%$$

Hitung nilai *precision* dan *recall* dengan persamaan (2.36) dan persamaaan (2.37) berikut.

$$Precision = \frac{TP}{FP + TP} * 100\%$$

$$= \frac{329}{89 + 329} * 100\%$$

$$= 78{,}7\%$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} * 100\%$$

$$= \frac{329}{329 + 0} * 100\% = 100\%$$

Pengujian akurasi untuk gerakan bahasa isyarat statis dan dinamis menggunakan 520 data latih dan 520 data uji yang masing-masing memiliki 20 data latih dan 20 data ujiuntuk setiap gerakan didapatkan akurasi sebesar 63,2%. Untuk bahasa isyarat dinamis mendapatkan akurasi sebesar 82,5% sedangkan untuk bahasa isyarat statis mendapatkan akurasi sebesar 61%.

2. Skenario Pengujian 2

Pada skenario pengujian 2 akan dilakukan pengujian akurasi terhadap metode *Motion Chain Code* (MCC) sebagai fitur untuk gerakan bahasa isyarat dinamis dan metode Principal Component Analysis (PCA) sebagai fitur untuk gerakan bahasa isyarat statis. Pengujian dilakukan untuk menggunakan 1040 video data latih dan 520 video data uji. Masing-masing huruf memiliki 40 data latih dan 20 data uji. Hasil Pengujian bahasa isyarat dinamis pada pengujian skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Bahasa Isyarat Dinamis Skenario Pengujian 2

		Hasil Pengenalan Huruf		
		J	**Z**	**Akurasi**
Kelas Sebenarnya	**J**	19	1	95%
	Z	3	17	85%
Total Akurasi				90%

Kemudian akan dilakukan pengujian bahasa isyarat statis dari huruf A sampai Z kecuali huruf J dan Z. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Bahasa Isyarat Statis Skenario Pengujian 2

KELAS SEBENARNYA	Kelas	Kelas Hasil Prediksi																													Accu
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y						
	A	17	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1						85%
	B	0	14	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0						70%
	C	0	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0						65%
	D	0	2	1	12	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0						60%
	E	0	2	1	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0						55%
	F	0	1	0	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0						70%
	G	1	0	0	1	0	0	15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0						75%
	H	0	1	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1						55%
	I	1	0	0	0	0	2	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0						60%
	K	0	2	0	0	1	0	0	1	0	12	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0						60%
	L	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						70%
	M	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						60%
	N	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	11	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0						55%
	O	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						80%
	P	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0						75%
	Q	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	12	0	1	0	0	0	1	0	0						60%
	R	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	15	0	0	0	0	1	0	0						75%
	S	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	1						70%
	T	1	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0						65%
	U	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	1	0	0						70%
	V	0	1	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0						60%
	W	1		0	0	0	0	1		0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	10	0	1						50%
	X	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	13	0						65%
	Y	1	1	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	14						70%
																										Total Akurasi					67,52

Pada Tabel 4.10 dapat dilihat *confussion matrix* yang didapat berdasarkan hasil pengujian bahasa isyarat statis dan dinamis.

Tabel 4.10 *Confusion Matrix* Skenario Pengujian 2

Kelas		Hasil Klasifikasi	
		P	N
Target	T	360	92
	F	68	0

Kemudian hitung akurasi dari *confussion matrix* yang sudah didapatkan menggunakan persamaan (2.35) berikut.

$$Accuracy = \frac{TP + FN}{TP + TN + FP + FN} * 100\%$$

$$= \frac{360 + 0}{(324 + 68 + 92 + 0)} * 100\%$$

$$= 69{,}23\%$$

Hitung nilai *precision* dan *recall* dengan persamaan (2.36) dan persamaaan (2.37) berikut.

$$Precision = \frac{TP}{FP + TP} * 100\%$$

$$= \frac{360}{92 + 360} * 100\%$$

$$= 79{,}65\ \%$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} * 100\%$$

$$= \frac{360}{360 + 0} * 100\% = 100\%$$

Pada pengujian bahasa isyarat statis dan dinamis yang telah dilakukan menggunakan menggunakan 1040 video data latih dan 520 video data uji. Masing-masing huruf memiliki 40 video data latih dan 20 video data uji. Hasil dari klasifikasi yang telah dilakukan adalah 324 data uji bahasa isyarat statis terklasifikasi dengan baik dan 154 data uji bahasa isyarat statis tidak terklasifikasi dengan tepat dengan akurasi 67,5%. Kemudian 36 data uji bahasa isyarat dinamis terklasifikasi dengan baik dan 4 data uji terklasifikasi tidak tepat dengan akurasi 90%. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, hasil akurasi yang didapatkan untuk bahasa isyarat dari huruf A-Z adalah 69,23% dengan *precision* 79,65% dan *recall* sebesar 100 %.

4.2.3 Kesimpulan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian akurasi didapatkan hasil maksimal dengan menggunakan sebanyak 1040 video data latih dengan pengujian sebanyak 520 video data uji dengan akurasi mencapai 69,23% untuk huruf bahasa isyarat dari A-Z. Berdasarkan akurasi yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa penggunaan fitur PCA untuk pengenalan bahasa isyarat statis belum dapat melakukan pengenalan dengan baik dikarenakan faktor data latih dan ada beberapa huruf dengan bentuk yang hampir sama sehingga sulit untuk dikenali, tetapi program dapat mengenali huruf-huruf bahasa isyarat dinamis dengan baik menggunakan fitur dari algoritma MCC. Semakin banyak data latih semakin besar akurasi yang akan didapatkan.