BAB 4

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap pembuatan *prototype* dan simulasi robot lengan sesuai dengan analisis dan perancangan yang sudah dilakukan pada tahap sebelumnya. Penerapan dilakukan terhadap perangkat keras, perangkat lunak, dan antar muka. Berikut merupakan hasil penerapan yang dilakukan.

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras

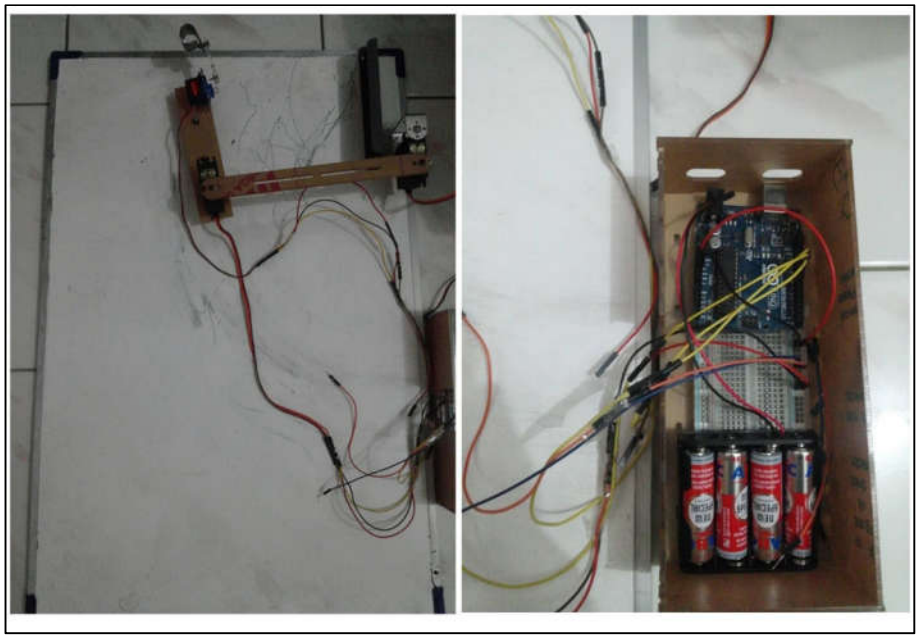
Perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan *software* pendukung dalam pembangunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Prosesor : AMD FX-8320 Eight-Core Processsor 3.2GHz
2. Memori : 8 GB DDR3

Perangkat keras yang digunakan untuk pembangunan lengan robot pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler Arduino UNO R3.
2. Motor servo.
3. Papan *white board* ukuran 60 x 40 cm.
4. Kabel *jumper male* dan *female.*

Berikut adalah bentuk dari robot lengan dengan 2 derajat kebebasan beserta dengan rangkaiannya.



Gambar 4.1 Implementasi Perangkat Keras

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pembangunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 7 (64 Bit)
2. Processing versi 3.1.1
3. Arduino IDE versi 1.6.9
4. Netbean IDE versi 8.1
5. Java Development Kit versi 8u66
6. Java Runtime Environment versi 8u66

4.1.3 Implementasi *Database*

Implementasi *database* menjelaskan tahap pembuatan *database* dan tabel-tabel yang dibutuhkan. Berikut adalah implementasi *database* yang dilakukan.

1. **Pembuatan *database***

   Berikut kode untuk membuat *database* dengan nama db_handwriting.

```
CREATE DATABASE db_imgprocessing;
```

2. **Tabel t_target**

   Berikut kode untuk membuat tabel data_kelas lengkap dengan struktur tabelnya.

```
CREATE TABLE `t_target` (`id_target` int(11) NOT NULL,`image` varchar(100) NOT NULL,`target` char(1) NOT NULL,`bobot` text NOT NULL, PRIMARY KEY(`id_target`)) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

3. **Tabel t_training**

   Berikut kode untuk membuat tabel data_latih lengkap dengan struktur tabelnya.

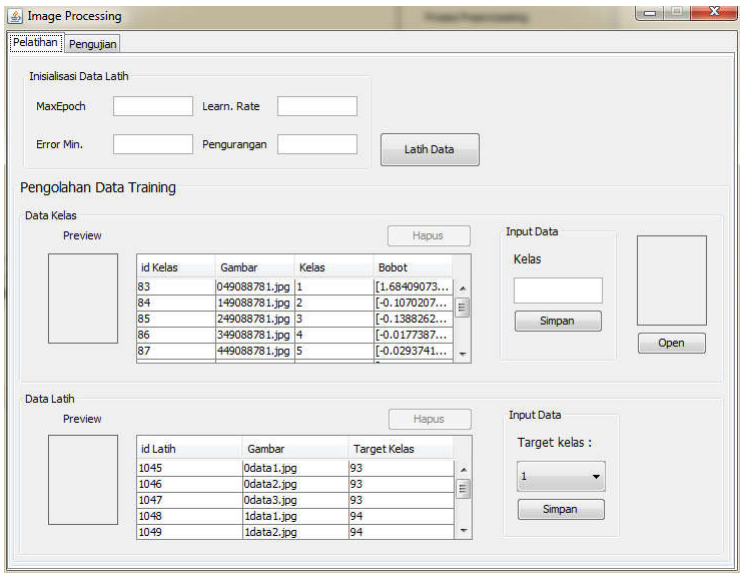
```
CREATE TABLE `t_training` (`id_training` int(11) NOT NULL, `image` varchar(100) NOT NULL,`target` int(11) NOT NULL, PRIMARY KEY(`id_training`) ) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

4.1.4 Implementasi Antar Muka

Implementasi antar muka berikut merupakan hasil dari perancangan antar muka yang sudah dibuat. Berikut adalah tampilan untuk hasil implementasi dari penelitian pada perancangan sebelumnya.

4.1.4.1 Antar Muka Menu Pelatihan

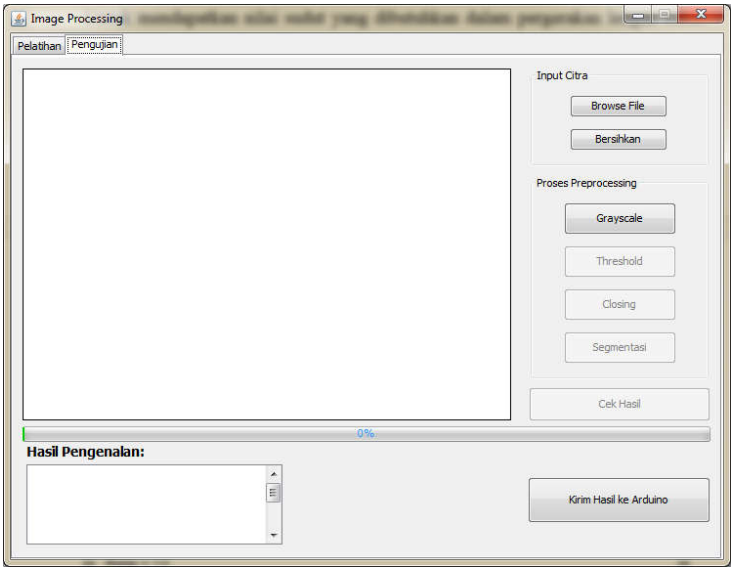
Dalam menu pelatihan selain pengguna dapat melakukan pelatihan *Learning Vector Quantization,* pengguna juga dapat melakukan penambahan atau penghapusan data kelas dan penambahan atau penghapusan data latih. Berikut merupakan antar muka menu pelatihan.



Gambar 4.2 Antarmuka Menu Pelatihan

4.1.4.2 Antarmuka Menu Pengujian

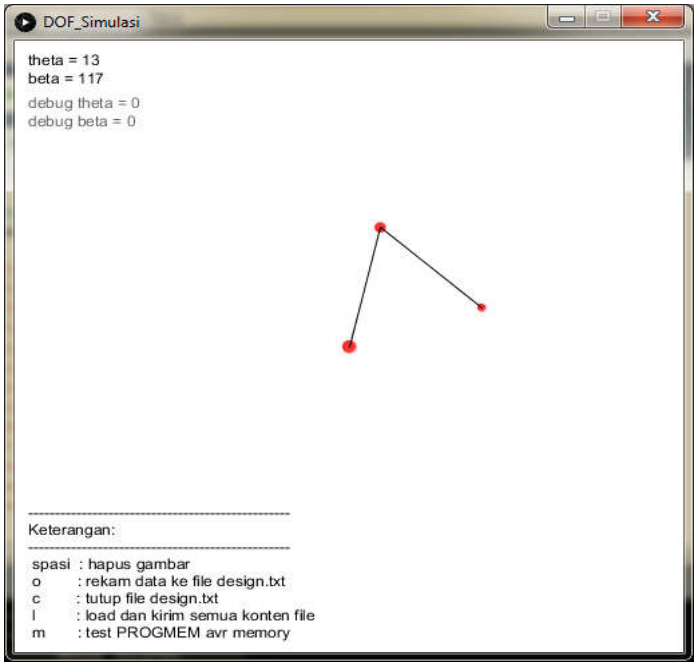
Dalam menu pengujian pengguna dapat melakukan tahap *preprocessing* pada citra yang telah diinputkan, selanjutnya dilakukan tahap pengujian untuk mendapatkan teks hasil pengenalan. Gambar berikut merupakan antar muka untuk menu pengujian.



Gambar 4.3 Antarmuka Menu Pengujian

4.1.4.3 Antarmuka Rekam Nilai Sudut

Untuk mendapatkan nilai sudut yang dibutuhkan dalam pergerakan lengan robot menulis karakter yang akan ditulis sesuai dengan *input* maka diperlukan data set nilai sudut untuk tiap karakter. Berikut merupakan antarmuka rekam nilai sudut untuk kebutuhan servo.



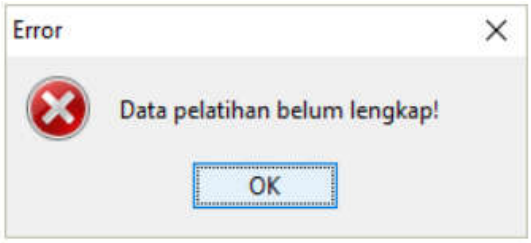
Gambar 4.4 Antarmuka Rekam Nilai Sudut

4.1.5 Implementasi Pesan

Implementasi pesan berikut merupakan hasil dari perancangan pesan yang sudah dibuat dalam aplikasi.

4.1.5.1 Pesan Data Pelatihan Belum Lengkap

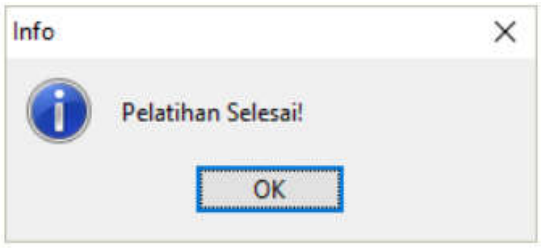
Pesan data pelatihan belum lengkap muncul jika pengguna tidak memasukkan seluruh data parameter yang dibutuhkan untuk melakukan proses pelatihan *Learning Vector Quantization.* Gambar 4.3 berikut merupakan pesan data pelatihan belum lengkap.



Gambar 4.5 Pesan Data Pelatihan Belum Lengkap

4.1.5.2 Pesan Pelatihan Selesai

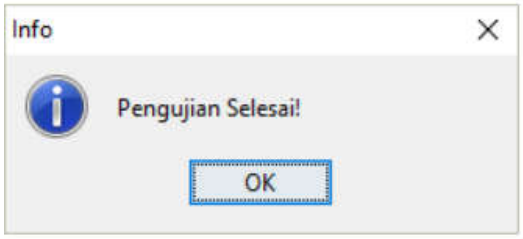
Pesan pelatihan selesai muncul ketika aplikasi telah selesai melakukan proses pelatihan *Learning Vector Quantization.* Berikut merupakan pesan pelatihan selesai.



Gambar 4.6 Pesan Pelatihan Selesai

4.1.5.3 Pesan Pengujian selesai

Pesan pengujian selesai muncul ketika aplikasi telah selesai melakukan proses pengujian *Learning Vector Quantization.* Berikut merupakan pesan pengujian selesai.



Gambar 4.7 Pesan Pengujian Selesai

4.1.5.4 Pesan Gagal Meload Tabel

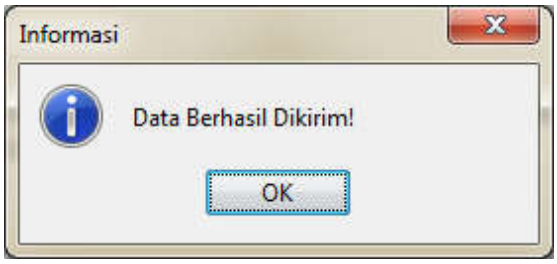
Pesan Gagal meload tabel muncul ketika aplikasi tidak dapat terhubung dengan *database.* Berikut merupakan pesan gagal meload tabel.



Gambar 4.8 Pesan Gagal Meload Tabel

4.1.5.5 Pesan Data Berhasil Dikirim

Pesan Data Berhasil Dikirim muncul ketika aplikasi telah berhasil mengirimkan data teks digital hasil pengujian ke arduino. Berikut merupakan pesan Data Berhasil Dikirim.



Gambar 4.9 Pesan Data Berhasil Dikirim

4.2 Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem bertujuan untuk menemukan kesalahan-kesalahan atau kekurangan-kekurangan pada sistem yang diuji. Pengujian bermaksud untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan penelitian.

4.2.1 Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* digunakan untuk menguji fungsi-fungsi khusus dari perangkat lunak yang dirancang. Berikut adalah tabel rencana pengujian *black box* yang akan diujikan.

Tabel 4.1 Rencana Pengujian *Black Box*

No	Komponen Yang Diuji	Butir Uji	Jenis Pengujian
1	Citra	Menampilkan citra yang dipilih	*Black Box*
		Melakukan proses pengolahan citra	*Black Box*
2	Pengolahan data *training*	Melakukan penambahan data kelas	*Black Box*
		Melakukan penghapusan data kelas	*Black Box*
		Melakukan penambahan data latih	*Black Box*
		Melakukan penghapusan data latih	*Black Box*
3	Pelatihan LVQ	Melakukan proses pelatihan LVQ	*Black Box*
4	Pengujian LVQ	Melakukan proses pengujian LVQ	*Black Box*

4.2.1.1 Kasus dan Hasil Pengujian *Black Box*

Berdasarkan dari rencana pengujian, maka dapat dilakukan proses pengujian *black box* pada aplikasi yang dibangun. Berikut merupakan pengujian menampilkan citra yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.2 Pengujian Menampilkan Citra

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
Citra_uji.jpg	Citra ditampilkan dalam aplikasi	Citra dapat ditampilkan dalam aplikasi	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
Data.docx	Citra tidak ditampilkan dalam aplikasi	Tidak ada citra yang ditampilkan dalam aplikasi	[√] Diterima [ ] Ditolak

Berikut merupakan pengujian validasi proses pengolahan citra yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.3 Pengujian Proses Pengolahan Citra

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
	Citra diolah sampai huruf tersegmentasi	Citra diolah pada proses preprocessing sampai tersegementasi	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
	Citra tidak dapat diolah sampai tahap segmentasi	Citra dilakukan proses pengolahan dan tersegmentasi	[ ] Diterima [√] Ditolak

Berikut merupakan pengujian proses menambahkan data kelas yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.4 Pengujian Menambahkan Data Kelas

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
 kelas = G	Data kelas dapat disimpan ke *database*	Data kelas tidak tersimpan ke dalam *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
 kelas = null	Data kelas tidak dapat disimpan ke *database*	Citra dilakukan proses pengolahan dan tersegmentasi	[√] Diterima [ ] Ditolak
null Kelas = G	Data kelas tidak dapat disimpan ke *database*	Data kelas tidak tersimpan ke dalam *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak

Berikut merupakan pengujian proses penghapusan data kelas yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.5 Pengujian Menghapus Data Kelas

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
id_kelas = 56	Data kelas dapat dihapus dari *database*	Data kelas dihapus dari *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kas us dan Hasil Uji (Data Salah)			
id_kelas = null	Data kelas tidak dapat dihapus dari *database*	Data kelas tidak dihapus dari database	[√] Diterima [ ] Ditolak

Berikut merupakan pengujian proses menambahkan data latih yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.6 Pengujian Menambahkan Data Latih

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
 kelas = E	Data latih dapat disimpan ke *database*	Data latih dapat disimpan ke *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
 kelas = null	Data latih tidak dapat disimpan ke *database*	Data latih tidak tersimpan ke dalam *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak
Null Kelas = E	Data latih tidak dapat disimpan ke *database*	Data latih tidak tersimpan ke dalam *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak

Berikut merupakan pengujian proses menghapus data latih yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.7 Pengujian Menghapus Data Latih

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
id_latih = 77	Data latih dapat dihapus dari *database*	Data latih dapat dihapus dari *database*	[√] Diterima [ ] Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
id_latih = null	Data latih tidak dapat dihapus dari database	Data latih tidak dihapus dari database	[√] Diterima [ ] Ditolak

Berikut merupakan pengujian proses pelatihan LVQ yang dilakukan pada aplikasi.

Tabel 4.8 Pengujian Proses Pelatihan LVQ

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Kasus dan Hasil Uji (Data Benar)			
Learning rate = 0,54 Pengurangan rasio = 0,1 *Error* minimum = 0,1 Maksimum epoch = 10	Proses pelatihan dapat dilakukan dan bobot kelas dapat diupdate	Proses pelatihan dilakukan dan bobot kelas sudah diupdate	[√]Diterima [ ]Ditolak
Kasus dan Hasil Uji (Data Salah)			
Learning rate = *null* Pengurangan rasio = *null* *Error* minimum = *null* Maksimum epoch = *null*	Proses pelatihan tidak dapat dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate Proses pelatihan tidak dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	Proses pelatihan tidak dapat dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate Proses pelatihan tidak dilakukan	[√]Diterima [ ]Ditolak

		dan bobot kelas tidak diupdate	
Learning rate = 0,54 Pengurangan rasio = *null* *Error* minimum = *null* Maksimum epoch = *null*	Proses pelatihan tidak dapat dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	Proses pelatihan tidak dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	[√]Diterima [ ]Ditolak
Learning rate = 0,54 Pengurangan rasio = 0,1 *Error* minimum = *null* Maksimum epoch = *null*	Proses pelatihan tidak dapat dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	Proses pelatihan tidak dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	[√]Diterima [ ]Ditolak
Learning rate = 0,54 Pengurangan rasio = 0,1 *Error* minimum = 0,1 Maksimum epoch = *null*	Proses pelatihan tidak dapat dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	Proses pelatihan tidak dilakukan dan bobot kelas tidak diupdate	[√]Diterima [ ]Ditolak

4.2.1.2 Kesimpulan Pengujian *Black Box*

Hasil dari pengujian *black box* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa aplikasi pengolahan citra yang dibangun memiliki fungsionalitas yang baik, karena semua pengujian yang dilakukan pada proses pengolahan citra, validasi data, simpan dan hapus data berjalan dengan sesuai dan tidak mengalami masalah.

4.2.2 Pengujian Akurasi

Pada pengujian akurasi akan dihitung nilai akurasi dari proses secara *software* untuk pengolahan citra dan proses secara *hardware* untuk penulisan robot dalam menulis huruf.

4.2.2.1 Pengujian *Software*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 26 karakter huruf A sampai Z. Sebelum ketahap pengujian sistem dilakukan terlebih dahulu perhitungan nilai

bobot untuk tiap karakter, dalam penelitian ini percobaan pada 62 data kelas yang artinya ada 62 data bobot. Berikut adalah tabel data nilai bobot yang didapat.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Jarak Terdekat

Jarak Euclidean	**Hasil**	**Kelas**
c_1	28,33043	1
c_2	27,21002	2
c_3	26,99881	3
c_4	28,39989	4
c_5	27,29410	5
c_6	31,21090	6
c_7	26,54715	7
c_8	29,35934	8
c_9	28,58281	9
c_{10}	30,19451	0
c_{11}	28,82929	A
c_{12}	28,99179	B
c_{13}	29,96026	C
c_{14}	28,72439	D
c_{15}	28,71930	E
c_{16}	25,56876	F
c_{17}	29,02633	G
c_{18}	30,68892	H
c_{19}	29,78532	I
c_{20}	27,17746	J
c_{21}	28,39470	K

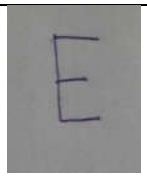
c_{22}	30,61278	L
c_{23}	27,11612	M
c_{24}	31,10308	N
c_{25}	28,80966	O
c_{26}	27,98816	P
c_{27}	27,54823	Q
c_{28}	27,65342	R
c_{29}	28,88229	S
c_{30}	23,77741	T
c_{31}	30,80706	U
c_{32}	30,21005	V
c_{33}	28,77596	W
c_{34}	27,63765	X
c_{35}	26,72272	Y
c_{36}	29,16179	Z
c_{37}	30,40816	a
c_{38}	30,40009	b
c_{39}	30,27219	c
c_{40}	29,24082	d
c_{41}	29,81056	e
c_{42}	28,18011	f
c_{43}	28,94288	g
c_{44}	29,29208	h
c_{45}	27,02488	i
c_{46}	29,17844	j

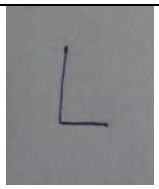
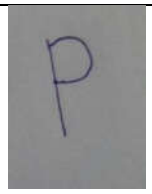
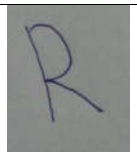
c_{47}	29,18383	k
c_{48}	29,61679	l
c_{49}	28,54593	m
c_{50}	28,53931	n
c_{51}	30,12854	o
c_{52}	28,90985	p
c_{53}	29,23727	q
c_{54}	29,92110	r
c_{55}	29,62862	s
c_{56}	29,52078	t
c_{57}	29,89828	u
c_{58}	30,53898	v
c_{59}	30,28626	w
c_{60}	28,62216	x
c_{61}	28,16350	y
c_{62}	29,49522	z

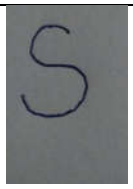
Setelah hasil perhitungan dari nilai bobot untuk setiap karakter selesai, maka selanjutnya dilakukan proses pengujian pada citra huruf yang sudah disiapkan sebanyak 26 huruf. Berikut adalah hasil pengujian dari pengolahan citra.

Tabel 4.10 Data Hasil Pengujian Citra

Data Citra	**Hasil pengenalan**	**Keterangan**
	A	Sama

	B	Sama
	C	Sama
	O	Tidak Sama
	E	Sama
	F	Sama
	6	Tidak Sama
	H	Sama
	1	Tidak Sama
	C	Tidak Sama

	K	Sama
	L	Sama
	M	Sama
	N	Sama
	0	Tidak Sama
	P	Sama
	j	Tidak Sama
	R	Sama

	S	Sama
	T	Sama
	L	Tidak Sama
	V	Sama
	Y	Tidak Sama
	X	Sama
	Y	Sama
	2	Tidak Sama

Dari tabel hasil pengujian di atas, didapatkan hasil sebagai berikut.

a) Jumlah karakter sama = 17

b) Jumlah karakter tidak sama = 9

c) Jumlah keseluruhan karakter = 26

Kemudian untuk menghitung nilai akurasi pengenalannya digunakan persamaan 2.15, sehingga hasilnya sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{Jumla \quad Karakter\ sama}{Jumla \quad karakter\ keseluru \quad an}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{17}{26}\ x\ 100\% = 65\ \%$$

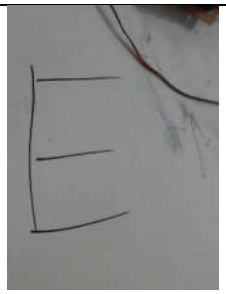
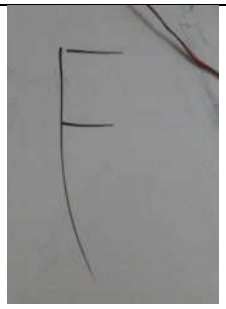
Dari hasil perhitungan akurasi di atas, maka akurasi pengenalan yang didapatkan adalah 65%.

4.2.2.2 Pengujian *Hardware*

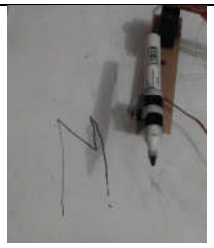
Pengujian dilakukan dengan menggunakan 26 karakter huruf A sampai Z sama seperti pada pengujian *software*. Berikut adalah tabel dari hasil pengujian robot lengan dalam menulis huruf.

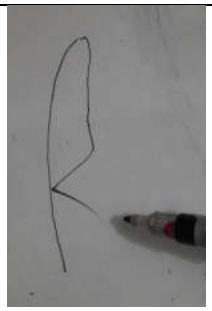
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian Robot Lengan

Hasil pengenalan	Hasil Penulisan	Keterangan
A		Sama
B		Sama

C		Sama
D		Sama
E		Sama
F		Sama
G		Sama

H		Sama
I		Sama
J		Sama
K		Sama
L		Sama

M		Tidak Sama
N		Sama
O		Tidak Sama
P		Tidak Sama
Q		Tidak Sama

R		Sama
S		Tidak Sama
T		Sama
U		Tidak Sama
V		Sama

W		Tidak Sama
X		Sama
Y		Sama
Z		Sama

Dari tabel hasil pengujian di atas, didapatkan hasil sebagai berikut.

a) Jumlah karakter sama = 19
b) Jumlah karakter tidak sama = 7
c) Jumlah keseluruhan karakter = 26

Kemudian untuk menghitung nilai akurasi digunakan persamaan 2.15, sehingga hasilnya sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{Jumla \quad Karakter\ sama}{Jumla \quad karakter\ keseluru \quad an} \ x\ 100\%$$

$$= \frac{19}{26}\ x\ 100\% = 73\ \%$$

Dari hasil perhitungan akurasi di atas, maka akurasi pengenalan yang didapatkan adalah 73%.