

BAB IV

PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA

Setelah seluruh proses pembuatan alat selesai, tahapan selanjutnya adalah pengujian dan analisis. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data spesifikasi sehingga dengan mudah mengidentifikasi kesalahan atau kerusakan. Untuk mendapatkan data yang sesuai dan akurat, diperlukan beberapa kali pengulangan.


4.1. Pengujian Komponen

Pengujian yang dilakukan pada masing masing komponen dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa spesifikasi komponen, mengidentifikasi kesalahan sistem, dan menentukan besarnya tegangan masukan dan keluaran dalam rangkaian. Pengujian yang dilakukan antara lain, pengujian sensor flex, pengujian sensor MPU6050, pengujian sensor HMC5883L, pengujian servo. hasil pengujian dapat dilihat pada berikut:

4.1.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya yang digunakan dalam pembuatan alat tugas akhir ini terdiri dari power supply 12VDC dan modul *step down* LM2596 pada bagian sarung tangan, dan satu power supply 12VDC pada bagian arm robot. Keduanya berfungsi sebagai sumber daya pada semua komponen elektronika yang ada pada alat, pengukuran rangkaian *power supply* dilakukan untuk mengetahui tegangan *input* dan *output*. Hal ini dilakukan untuk menjaga tegangan *input* untuk rangkaian tidak terlalu tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen dan kegagalan sistem. Untuk pengukuran rangkaian power supply, menggunakan *multimeter* sebagai alat ukur, hasil pengujian *power supply* dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Pengujian power supply

Keterangan	Spesifikasi	Tegangan Aktual
Tegangan <i>Input</i>	220 VAC	
Tegangan <i>Output</i>	12 VDC	



Dari pengujian pengukuran modul *power supply* ini, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja *power supply* tersebut berfungsi dengan baik dan sesuai dengan nilai tegangan keluaran yang diinginkan sebesar 12 VDC.

4.1.2. Pengukuran Konsumsi Daya Alat

Pengukuran konsumsi daya bertujuan untuk mengetahui besaran tegangan dan arus yang dipakai oleh sistem, hal ini penting karena untuk memastikan bahwa kebutuhan daya alat sudah sesuai dengan spesifikasi dan tidak melebihi batas kerja komponen yang dipakai. Pada kasus alat ini terdapat dua bagian berbeda untuk pengukuran konsumsi daya alat yaitu:

A. Pengukuran Konsumsi Daya Alat Robot Arm

Sistem robot arm yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama, dapat dilihat pada tabel 4.2. berikut:

Tabel 4. 2 Komponen utama

Komponen	Jumlah
Servo MG996R	6 Buah
ESP32	1 Buah
Resistor 10k ohm	2 buah

Spesifikasi kebutuhan daya masing-masing komponen ditunjukkan pada Tabel 4.3. berikut:

Tabel 4. 3 Spesifikasi kebutuhan daya masing-masing komponen

Komponen	Tegangan kerja	Arus Maksimum
Servo MG996R	4,8V-7,2V	2,5A
ESP32	5V	0,25A
Resistor 10k ohm	-	Diabaikan

Pada perancangan ini servo dioperasikan pada tegangan 6 V untuk memperoleh torsi dan kecepatan yang optimal. Untuk perhitungan arus servo pada rangkaian arm robot sebagai berikut:

Arus maksimum satu buah servo MG996R adalah sebesar:

$$I_{\text{servo}} = 2,5 \text{ A}$$

Jumlah servo yang digunakan:

$$n = 6 \text{ buah}$$

Sehingga total kebutuhan arus servo dihitung menggunakan persamaan:

$$I_{\text{total servo}} = n \times I_{\text{servo}}$$

$$I_{\text{total servo}} = 6 \times 2,5$$

$$I_{\text{total servo}} = 15 \text{ A}$$

Maka kebutuhan arus maksimum seluruh servo adalah sebesar 15 A.

Sehingga perhitungan arus total sistem arm robot adalah

$$I_{\text{total}} = I_{\text{total servo}} + I_{\text{ESP32}}$$

$$I_{\text{total}} = 15 + 0,25$$

$$I_{\text{total}} = 15,25 \text{ A}$$

Maka kebutuhan arus maksimum sistem robot arm adalah sebesar 15,25 A. Pada bagian perhitungan daya listrik dihitung menggunakan persamaan:

$$P = V \times I$$

Dengan:

$$V = 6 \text{ V}$$

$$I = 15,25 \text{ A}$$

Sehingga:

$$P = 6 \times 15,25$$

$$P = 91,5 \text{ Watt}$$

Maka daya maksimum yang dibutuhkan sistem adalah sebesar 91,5 Watt. Kemudian, perhitungan factor keamanan catu daya adalah sebagai berikut:

$$I_{\text{aman}} = 1,3 \times I_{\text{total}}$$

$$I_{\text{aman}} = 1,3 \times 15,25$$

$$I_{\text{aman}} = 19,83 \text{ A}$$

Dibulatkan menjadi:

$$I_{\text{aman}} = 20 \text{ A}$$


Daya yang harus disediakan power supply:

$$P_{\text{aman}} = 6 \times 20$$

$$P_{\text{aman}} = 120 \text{ Watt}$$

Pengukuran dilakukan menggunakan *multimeter*, hasil pengukuran konsumsi daya aktual ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengukuran konsumsi daya aktual

Voltase (V)	Arus (A)	Dokumentasi
6	20	

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4.4 diketahui bahwa power supply sudah sesuai dengan kebutuhan dari arm robot

B. Pengukuran Konsumsi Daya Pada Sarung Tangan

Sistem sarung tangan pengendali robot arm terdiri dari beberapa komponen utama dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Komponen utama

Komponen	Jumlah
ESP32	1 Buah
MPU 6050	1 Buah
HMC 5883L	1 Buah
Sensor Flex	4 Buah
Resistor 10k ohm	4 Buah

Spesifikasi kebutuhan daya masing-masing komponen ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut

Tabel 4. 6 Kebutuhan daya masing-masing komponen

Komponen	Tegangan kerja	Arus Maksimum
ESP32	5V	0.25A
MPU 6050	3,3-5V	0,004A
HMC 5883L	3,3-5V	0,0001A
Sensor Flex	5V	0,0005A

Arus satu sensor flex dihitung menggunakan Hukum Ohm, dengan asumsi, tegangan kerja sebesar 5V dan resistansi minimum sensor sebesar 10Kohm. Maka

$$I_{flex} = 5 / 10000$$

$$I_{flex} = 0,0005 \text{ A}$$

Jumlah sensor flex yang digunakan sebanyak 4 buah.

Sehingga:

$$I_{total_flex} = 4 \times 0,0005$$

$$I_{total_flex} = 0,002 \text{ A}$$

Maka kebutuhan arus seluruh sensor flex adalah sebesar 0,002 A.

Arus total sistem diperoleh dari penjumlahan seluruh arus beban.

$$I_{total} = I_{ESP32} + I_{MPU6050} + I_{HMC5883L} + I_{total_flex}$$

$$I_{total} = 0,25 + 0,004 + 0,0001 + 0,002$$

$$I_{total} = 0,2561 \text{ A}$$

Maka kebutuhan arus maksimum sistem sarung tangan adalah sebesar 0,2561 A.

Daya listrik dihitung menggunakan persamaan:

$$P = V \times I$$

Dengan:

$$V = 5 \text{ V}$$

$$I = 0,2561 \text{ A}$$

Sehingga:


$$P = 5 \times 0,2561$$

$$P = 1,2805 \text{ Watt}$$

Maka daya maksimum yang dibutuhkan sistem adalah sebesar 1,28 Watt.

Pengukuran dilakukan menggunakan *multimeter*, hasil pengukuran konsumsi daya aktual ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Pengukuran konsumsi daya aktual

Voltase (V)	Arus (A)	Dokumentasi
5	2	

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4.4 diketahui bahwa power supply sudah sesuai dengan kebutuhan dari sarung tangan.

4.1.3. Pengecekan Data Masukkan Sensor Pada Rangkaian Sarung Tangan

Pengecekan data pada sensor masukkan ini bertujuan untuk mengetahui data Ketika sensor dalam keadaan *standby* serta mengetahui apakah sensor berjalan tanpa kendala. Untuk data sensor dalam keadaan *standby* bisa dilihat pada tabel 4,8 berikut:




Tabel 4. 8 Data sensor dalam keadaan standby




Sensor	Posisi	Data Standby
Flex 1	Standby	3397
Flex 2	Standby	2824
Flex 3	Standby	2846

Flex 4	Standby	3850
HMC 5883L	Standby	1211.00
MPU 6050	Standby	-0.75

Setelah diketahui data masing-masing sensor Ketika dalam keadaan *standby*, kemudian melakukan pengecekan pada masing-masing sensor dengan keadaan aktif atau keadaan pergerakan. Hasil data dari sensor pada kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil data dari sensor

Sensor	Posisi	Data Standby
Flex 1		3967
Flex 2		3324
Flex 3		3492

Flex 4		4094
HMC 5883L		1367.00
MPU 6050		-1.08

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa sensor flex akan berubah nilai lebih besar ketika sensor ditebuk kebawah sesuai dengan pergerakan jari, lalu untuk sensor HMC 5883L akan berubah datanya ketika diputar mengikuti arah medan magnet, dan sensor MPU6050 datanya akan terbaca hingga minus jika berputar ke kanan, dan akan Kembali positif jika diputar ke kiri.

4.2. Pengujian Alat

Pengujian seluruh alat dilakukan dalam upaya untuk memastikan bahwa sistem berjalan secara optimal dengan rancangan yang sudah dibuat. Pengujian ini mencakup akurasi gerakan dan *delay* gerakan robot arm dengan gerakan real-time, serta mengetahui batasan jarak dengan respon sistem.

Proses pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program pada mikrokontroler serta mengamati respon dari alat terhadap masukkan dari gerakan real-time tangan. parameter yang diamati meliputi akurasi gerakan robot arm, waktu respon dari robot arm.

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui kinerja dari sistem dalam merespon gerakan real-time dari tangan dan mengetahui gerakan dari arm robot apakah akurat dengan gerakan real-time tangan, serta mengetahui batasan jarak sistem dapat bekerja secara optimal.

Tabel 4. 10 Tabel Pengujian Sensor Flex 1

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajat Gerakan dari sensor Flex 1	Derajat gerakan dari Servo Penjepit
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,20	50°	50°
3	50	0,20	60°	60°
4	80	0,35	70°	70°
5	100	0,50	80°	80°
6	110	0,50	90°	90°
7	120	0,55	100°	100°
8	130	0,65	110°	115°
9	140	0,65	115°	120°
10	150	0,80	120°	125°

Dari hasil pengujian pada tabel 4.10 didapatkan data bahwa delay respon time sensor flex 1 ke servo penjepit jika berdasarkan pada batas toleransi pergerakan real-time manusia di 0.50ms, delay baru terasa pada jarak 120cm, dan error derajat pada output mulai terjadi papda jarak 130.

Tabel 4. 11 Tabel Pengujian Sensor Flex 2

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajat Gerakan dari sensor Flex 2	Derajat Gerakan dari Servo Pergelangan Tangan
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,20	50°	50°
3	50	0,20	60°	60°
4	80	0,35	70°	70°
5	100	0,50	80°	80°
6	110	0,50	90°	90°
7	120	0,50	100°	100°
8	130	0,60	110°	115°
9	140	0,60	115°	120°
10	150	0,75	120°	125°

Dari hasil pengujian pada tabel 4.11 didapatkan data bahwa delay respon time sensor flex 2 ke servo pergelangan tangan jika berdasarkan pada batas toleransi pergerakan real-time manusia di 0.50ms, delay baru terasa pada jarak 130cm, dan error derajat pada output mulai terjadi papda jarak 130.

Tabel 4. 12 Tabel Pengujian Sensor Flex 3

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajat gerakan dari sensor flex 3	Derajat gerakan dari servo siku
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,20	50°	50°
3	50	0,20	60°	60°
4	80	0,35	70°	70°
5	100	0,50	80°	80°
6	110	0,50	90°	90°
7	120	0,55	100°	100°
8	130	0,65	110°	115°
9	140	0,65	115°	120°
10	150	0,80	120°	125°

Dari hasil pengujian pada tabel 4.13 didapatkan data bahwa delay respon time sensor flex 3 ke servo siku jika berdasarkan pada batas toleransi pergerakan real-time manusia di 0.50ms, delay baru terasa pada jarak 120cm, dan error derajat pada output mulai terjadi papda jarak 130.

Tabel 4. 13 Tabel Pengujian Sensor Flex 4

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajat gerakan dari sensor flex 4	Derajat gerakan dari servo bahu
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,20	50°	50°
3	50	0,20	60°	60°
4	80	0,40	70°	70°
5	100	0,55	80°	80°
6	110	0,55	90°	90°
7	120	0,60	100°	100°
8	130	0,60	110°	115°
9	140	0,65	115°	120°
10	150	0,70	120°	125°

Dari hasil pengujian pada tabel 4.14 didapatkan data bahwa delay respon time sensor flex 4 ke servo bahu jika berdasarkan pada batas toleransi pergerakan real-time manusia di 0.50ms, delay baru terasa pada jarak 80cm, dan error derajat pada output mulai terjadi papda jarak 130cm.

Tabel 4. 14 Tabel Pengujian Sensor MPU 6050

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajat dari sensor MPU 6050	Derajat gerakan dari servo pergelangan tangan memutar
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,00	50°	50°
3	50	0,00	60°	60°
4	80	0,00	70°	70°
5	100	0,00	80°	80°
6	110	0,30	90°	90°
7	120	0,30	100°	100°
8	130	0,30	110°	110°
9	140	0,40	115°	115°
10	150	0,40	120°	120°

Dari hasil pengujian pada tabel 4.14 didapatkan data bahwa delay respon time sensor MPU6050 ke servo penjepit jika berdasarkan pada batas toleransi pergerakan real-time manusia di 0.50ms, delay tidak ada dan akurasi dari servo tidak ada error.

Tabel 4. 15 Tabel Pengujian Sensor HMC5883L

No	Jarak sarung tangan dengan robot arm (cm)	Delay respon time (ms)	Derajar sensor HMC5883L	Derajat gerakan dari servo tubuh memutar
1	10	0,00	40°	40°
2	30	0,00	50°	50°
3	50	0,00	60°	60°
4	80	0,00	70°	80°
5	100	0,00	80°	90°
6	110	0,00	90°	90°
7	120	0,00	100°	100°
8	130	0,00	110°	110°
9	140	0,00	115°	115°
10	150	0,00	120°	120°

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa sensor HMC5883L dan sensor MPU6050 tidak memiliki delay pada hasil output pada servo, lalu pada sensor flex satu hingga empat terdapat sedikit delay seiring meningkatnya jarak, namun adanya delay dan *miss* akurasi pada output servo masih dalam ambang batas toleransi sistem real-time. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem sudah berjalan sesuai dengan tujuan, yaitu sistem mampu bergerak secara real-time dengan kendali nirkabel dan bergerak dengan akurat sesuai dengan input yang diinginkan pengguna.

4.3. Pengujian Memindahkan benda berbahaya

Pada pengjudian pemindahan benda ini dilakukan untuk menguji daya guna dari sistem, apakah dapat bekerja sebagaimana mestinya. Dalam pengujian ini menggunakan 3 variabel benda yang memiliki dimensi dan berat yang berbeda.

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui batasan kemampuan kerja alat pada benda sesungguhnya.

Tabel 4. 16 Tabel uji memindahkan barang

no	Diameter (cm)	Berat(gr)	Permukaan (kasar atau halus)	Mampu mengangkat		Mampu Memindah	
				Ya	Tidak	Ya	Tidak
1	1,4	80	Kasar	✓		✓	
2	3,4	154	Kasar	✓		✓	
3	4,3	120	Halus		✓		✓
4	2,3	60	Halus	✓		✓	
5	5,3	90	Kasar		✓		✓
6	3,4	330	Kasar		✓		✓

Berdasarkan hasil percobaan untuk mengangkat barang pada tabel 4.16 didapatkan hasil, robot arm memiliki batasan kemampuan menggenggam pada diameter 5cm, dan pada benda yang ber tekstur halus, serta berat maximum yang mampu diangkat tidak lebih dari 150gr. Dengan hasil ini diketahui bahwa kemampuan robot arm dalam mengangkat benda berukuran kurang dari diameter 5cm dan berat kurang dari 150gr serta permukaan harus kasar.