

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Alat

Pembuatan alat terapi lengan dengan dua derajat kebebasan terbagi menjadi 4 bagian pembuatan sesuai dengan unit-unit pada alat yaitu unit rangka, unit lengan, unit penggerak dan unit kontrol.

1. Pembuatan Unit Rangka

Unit rangka banyak menggunakan bahan baja dengan bentuk profil persegi. Unit ini merupakan unit yang banyak menggunakan alat potong dan mesin las dalam pengerjaannya. Pemotongan ukuran tiang menyesuaikan pada desain gambar yang telah dibuat. Pemotongan profil persegi dapat dilihat pada gambar 4.1 dan proses pengelasan ditunjukkan Gambar 4.2 serta hasil dari unit rangka ditunjukkan Gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Pemotongan profil persegi



Gambar 4. 2 Proses pengelasan



Gambar 4. 3 Unit Rangka

2. Pembuatan Unit Lengan

Pembuatan bagian unit lengan dengan bahan ABS dimulai dengan mengimpor gambar dengan format STL kemudian dibuka pada software mesin 3D printing. Gambar 4.4 merupakan pembuatan bagian dengan bahan ABS.

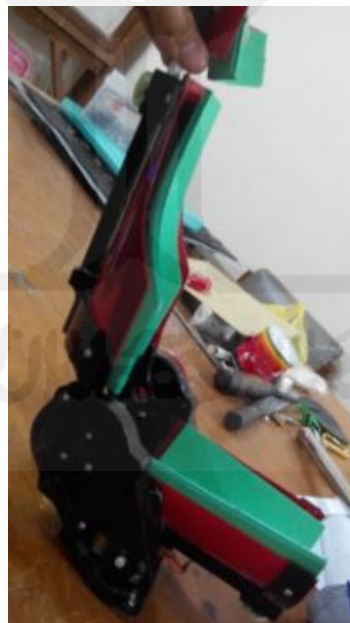


Gambar 4. 4 Mesin 3D printing

Setelah semua bagian sudah diwujudkan ke dalam bentuk 3D selanjutnya dilakukan perakitan dengan menggunakan mur dan baut sebagai pengikatnya. Gambar 4.5 merupakan bagian yang digabungkan dengan pengikat baut dan mur sedangkan hasil keseluruhan unit lengan ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4. 5 Proses penggabungan dengan mur dan baut

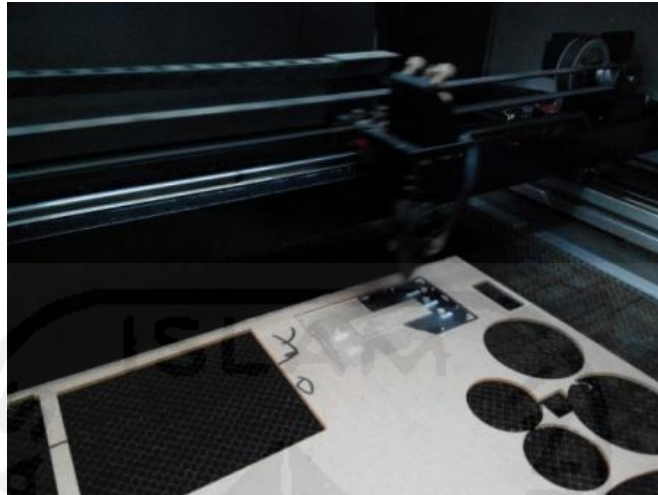


Gambar 4. 6 Unit Lengan

3. Pembuatan unit kontrol

Untuk proses pemotongan akrilik menggunakan *laser cutting* dengan mengimpor gambar dengan format dxf. Pemotongan bagian berbahan akrilik

menyesuaikan ukuran yang sudah digambar. Proses pemotongan akrilik dengan mesin *laser cutting* dapat dilihat pada Gambar 4.7. dan hasil pembuatan unit kontrol dengan bahan akrilik dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Proses pemotongan akrilik



Gambar 4. 8 Unit Kontrol

4. Pembuatan Komponen katrol

Bahan roda katrol menggunakan alumunium. Pembuatan roda-roda katrol diawali dengan proses pembubutan. Tidak semua roda dibuat sendiri melainkan membeli produk jadi yang mudah didapat dipasaran, kemudian dimodifikasi sesuai ukuran yang telah ditentukan. Proses pembubutan dapat di lihat pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Proses pembubutan

Tahap selanjutnya melakukan pengeboran pada roda katrol untuk menyesuaikan dengan besar lubang bearing. Proses pengeboran ditunjukkan Gambar 4.10 serta hasil proses pembubutan dan pengeboran ditunjukkan Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4. 10 Proses pengeboran



Gambar 4. 11 Roda yang telah dibubut dan dibor

Tahap selanjutnya memasukan *bearing* ke dalam roda katrol dengan cara memberi pelumas pada bagian bearing dan lubang roda katrol agar memudahkan ketika kedua benda ini digabungkan. Pelumasan *bearing* dan lubang roda katrol dapat di lihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Pelumasan *bearing* dan lubang roda katrol

Pemasangan ini dibantu dengan ragum dan bos untuk mempermudah dalam proses tersebut. Proses penggabungan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.14 serta hasil yang telah jadi ditunjukkan Gambar 4.15.



Gambar 4. 13 Proses penggabungan roda katrol dan *bearing*



Gambar 4. 14 Roda katrol yang sudah dipasang *bearing*

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan kerangka untuk dudukan semua roda katrol dengan besi strip. Hasil dari penggabungan roda katrol dengan kerangka dudukan katrol dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4. 15 Sistem katrol

Setelah semua komponen dibuat dan digabungkan maka selanjutnya penggabungan unit keseluruhan menjadi unit alat terapi. Tahap akhir (*finishing*) dari proses pembuatan unit lengan adalah melakukan pendempulan dilanjutkan dengan pengecatan. Hasil dari *finishing* pada alat terapi dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 terapi lengan

4.2 Hasil Pengujian Alat

4.2.1 Hasil Pengujian Katrol

Pengujian alat terapi lengan dengan dua derajat kebebasan dilakukan secara langsung dengan beban maksimal 4 kg. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai fungsinya atau tidak. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui beban dapat dengan baik terangkat atau tidak. Pengujian alat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah penggunaan alat yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari langkah-langkah tersebut akan didapatkan hasil pengujian yang dilakukan.

1. Hasil Pengujian Alat Menggunakan Beban

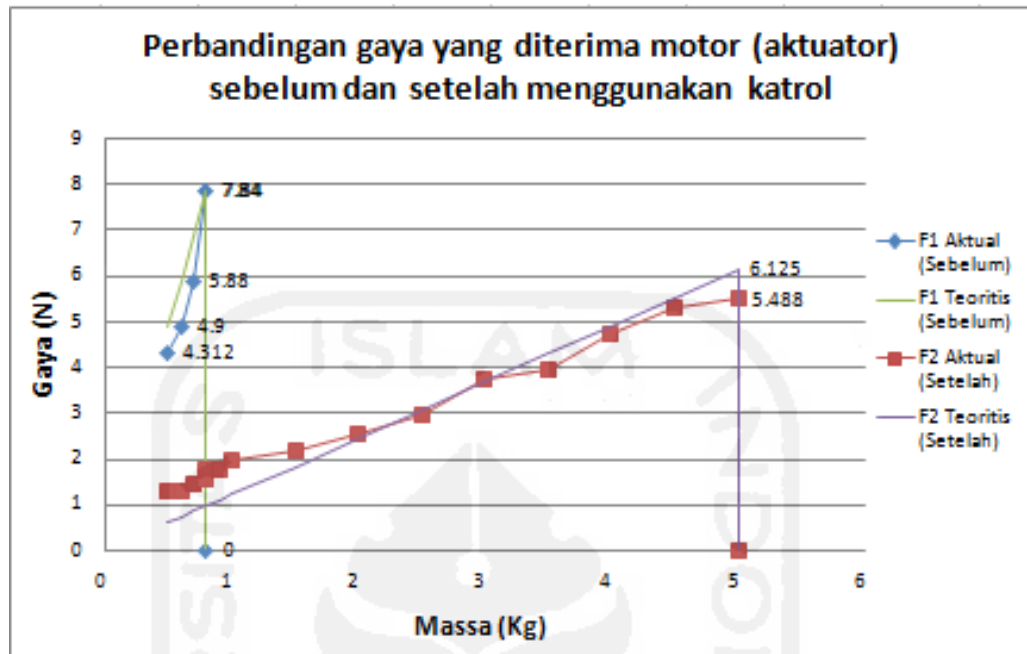
Dari hasil pengujian secara langsung didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian sebelum dan setelah menggunakan katrol sebagai reduksi beban.

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian reduksi beban menggunakan katrol

m (kg)	F (N)	F1 Aktual (N)	F2 Aktual (N)	F1 Teoritis (N)	F2 Teoritis (N)
0.5	4.9	4.312	1.274	4.9	0.6125
0.6	5.88	4.9	1.274	5.88	0.735
0.7	6.86	5.88	1.47	6.86	0.8575
0.8	7.84	7.84	1.568	7.84	0.98
0.8	7.84	0	1.764	0	0.98
0.9	8.82		1.764		1.1025
1	9.8		1.96		1.225
1.5	14.7		2.156		1.8375
2	19.6		2.548		2.45
2.5	24.5		2.94		3.0625
3	29.4		3.724		3.675
3.5	34.3		3.92		4.2875
4	39.2		4.704		4.9
4.5	44.1		5.292		5.5125
5	49		5.488		6.125
5.1	49.98		0		0

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kemampuan maksimal motor dalam mengangkat beban sebelum menggunakan sistem katrol lebih berat dibandingkan dengan menggunakan sistem katrol yang lebih ringan, beban maksimal yang dapat diangkat motor servo setelah menggunakan katrol sebesar 49N atau 5 kg sedangkan sebelum menggunakan katrol, beban maksimal yang dapat diangkat sebesar 7.84N atau 0.8 kg. Sehingga dengan menambah sistem katrol dapat mereduksi beban yang diharapkan peneliti yaitu dengan beban maksimal 39.2N atau 4 kg diharapkan motor mampu mengangkat beban tersebut dan ketika dilakukan pengujian ternyata motor mampu mengangkat beban 49N atau 5 kg. Grafik perbedaan penggunaan katrol dan tidak menggunakan katrol ditunjukkan pada grafik 4.1.

Grafik 4. 1 Perbandingan gaya yang diterima motor (aktuator) sebelum dan setelah menggunakan katrol



Kecepatan pada motor servo konstan, penggunaan motor servo pada alat terapi lengan menggunakan motor servo TOWERPRO MG946R dengan spesifikasi motor mampu menerima beban 10.50kg.cm dengan tegangan 4.8 volt kecepatan operasi 0.2s/60 degree . Dalam pengujian alat terapi, motor servo ini mampu mengangkat beban maksimal sebelum menggunakan katrol sebesar 0.8 kg ditunjukkan pada Grafik 4.2. Beban maksimal yang dapat diangkat motor servo ini sebesar 5 kg setelah menggunakan katrol. Tegangan pada adaptor *controller* sebesar 4.8 volt maka kecepatan operasi motor 0.2s/60degree. Bila beban yang diterima motor servo melebihi kemampuan maksimal motor maka arduino akan *restart*.

2. Gerakan Pengujian Alat Pada Pasien

Pengujian pada Gambar 4.17 merupakan pengujian alat dengan menggunakan dua derajat kebebasan sedangkan pada gambar 4.18 merupakan pengujian dengan satu derajat kebebasan.



Gambar 4. 17 Pengujian Alat Terapi dengan Dua Derajat Kebebasan



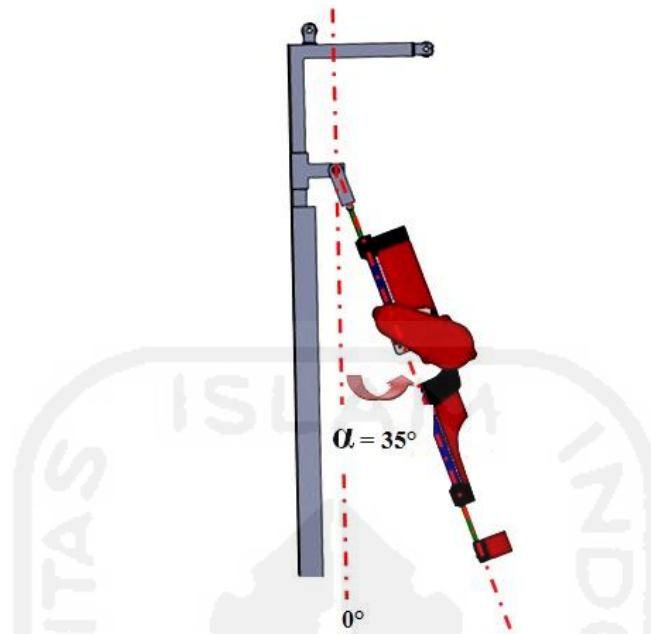
Gambar 4. 18 Pengujian Alat Terapi dengan Satu Derajat Kebebasan

3. **Analisa Gerakan Alat**

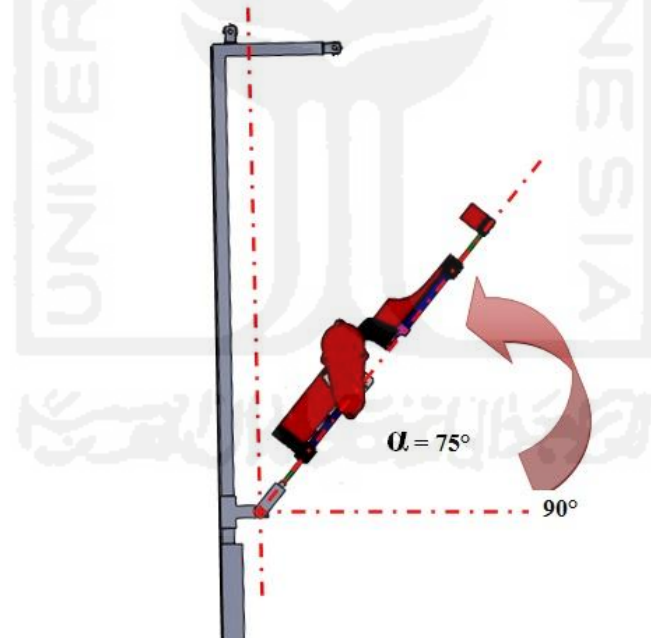
a. Gerakan Bahu

Sudut yang dihasilkan alat terapi pada saat pengujian. Sudut yang terbentuk pada bagian bahu sebesar 130° . Besar sudut pada posisi normal dari 0° -

35° ditunjukkan pada Gambar 4.19, sedangkan Gambar 4.20 merupakan sudut yang dihasilkan pada saat bahu bergerak maksimal dari 0°- 130°.



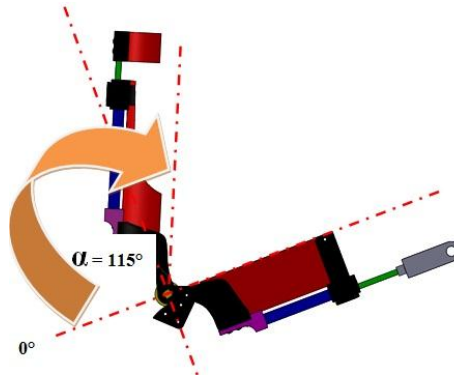
Gambar 4. 19 Bahu Posisi Normal



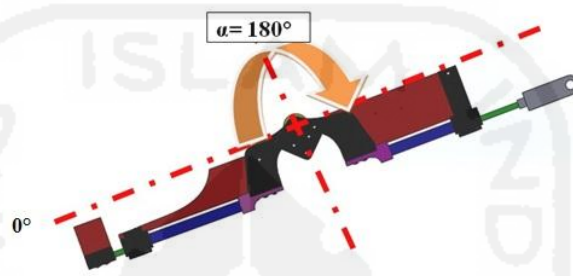
Gambar 4. 20 Bahu Posisi Maksimal

b. Gerakan Lengan

Sudut pada bagian lengan ketika bergerak maksimal sebesar 115° ditunjukkan pada Gambar 4.21, sedangkan pada posisi normal lengan membentuk sudut 180° ditunjukkan pada Gambar 4.22. Sudut maksimal pada alat terapi ditunjukkan pada tabel 4.2.



Gambar 4. 21 Sudut Maksimal pada Lengan



Gambar 4. 22 Sudut Normal pada Lengan

Tabel 4. 2 Sudut Maksimal Hasil Pengujian Alat Terapi

No	Bagian	Sudut Maksimal
1	Gerakan bahu	130°
2	Gerakan lengan	115°