

**PEMBUATAN TANGAN PALSU MENGGUNAKAN  
TEKNOLOGI 3D PRINTING BERBASIS  
MIKROCONTROLLER ARDUINO UNO UNTUK  
PASIEN AMPUTASI**

**MATERI HAK CIPTA**



**Oleh:  
Firdhaus Hari S A H, ST., M.Eng.  
NIDN 0614068201**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI DAN KESEHATAN  
UNIVERSITAS SAHID SURAKARTA**

## PRODUK CIPTAAN:

Tabel 1. Spesifikasi Komputer

No	Nama Hardware	Spesifikasi
1	Prosesor	Intel Core i5-4300U CPU @ 1.90GHz 2.49GHz
2	Memori	4.00 GB
3	Hardisk	256GB
4	Display	Intel ® HD Graphics Family 1366 x 768 pixels

Selanjutnya adalah *3D Printer*. *3D Printer* digunakan untuk mencetak bagian-bagian dari tangan palsu. Adapun spesifikasi dari *3D Printer* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *3D Printer*

No	Nama	Spesifikasi
1	Filament yang dipakai	PLA ABS 1.75 mm
2	Jenis	FDM Printer
3	Model	<i>Creativity Ender 3Pro</i>
4	Lebar <i>Nozzle</i>	0.4 mm

### b. Spesifikasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan tangan palsu menggunakan *flex sensor* dan modul Wi-Fi berbasis arduino dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Perangkat Lunak

No	Jenis	Nama
1	Sistem Operasi	Windows 10 64 bit
2	IDE	Arduino IDE
3	Pencetakan 3D	Repetier Host
4	Pembuatan Diagram	MS. Office Visio

## 6. Prosedur Penelitian dan Pengembangan

### a. Tahap Analisis

Dalam penelitian ini ada 2 jenis data, yaitu (1) data tentang objek pengguna tangan palsu dengan melakukan wawancara kepada narasumber dari Yayasan Pembinaan Anak Cacat (YPAC) PPRBM Prof. Dr. Soeharso Solo ibu dr. Nuraisiah Megawati selaku bidang pelayanan, (2) data tentang kemampuan memahami petunjuk estetika dan fungsionalitas tangan palsu dari bapak Muhammad Syaifuddin S.S.T.OP., M.Kes. sebagai praktisi Ortotik Prostetik di IPOED OP dan dosen Poltekkes Kemenkes Surakarta. Pemerolehan data yang berupa hasil pembuatan tangan palsu melalui uji coba alat dengan cara unjuk kerja berupa prototype pencetakan tangan palsu menggunakan teknologi 3D printing yang diukur pada tangan pengguna untuk mengetahui performansi setiap bagian apakah bekerja sesuai dengan fungsinya dan serta mengetahui hasil perancangan sistem sudah sesuai dengan target yang direncanakan.

Adapun analisis dari data yang diperoleh didasarkan pada teori, bahan penelitian yang menjadi rujukan dalam studi pustaka. Berdasarkan pada data yang diperoleh maka akan ditentukan produk yang harus dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna. Produk yang akan dikembangkan adalah prototype tangan palsu menggunakan mikrocontroller arduino sebagai penggeraknya.

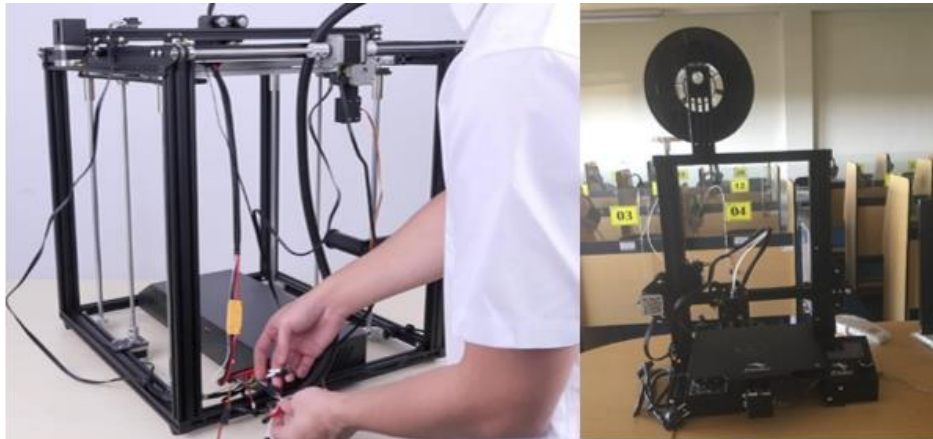
Beberapa pertanyaan yang dilakukan pada saat wawancara dengan pihak YPAC dan IPOED sebagai pendukung penelitian adalah:

- 1) Apakah setiap tahun mengalami peningkatan untuk pasien yang mengalami amputasi?
- 2) Penyebab utama orang diamputasi karena kecelakaan atau bawaan cacat dari lahir?
- 3) Apakah alat bantu selama ini untuk pasien amputasi sudah sesuai dengan kebutuhan?
- 4) Apabila belum, apakah biaya alat yang mahal menjadi faktor kendala utama untuk pasien amputasi?
- 5) Apakah didalam pembuatan tangan palsu diperlukan pelayanan masalah gerak dan fungsi pada aspek kesehatan individu dan masyarakat secara umum?

### b. Tahap Perakitan

Pada tahap ini dilakukan perakitan *3D printer* Creativity Ender 3 Pro yang sudah semi terakit dari vendornya. Beberapa komponen yang digunakan adalah *framing* (bagian vital *3D printing* untuk menentukan tingkat presisi x,y dan z dari objek yang akan dicetak), ekstruder (alat penarik bahan plastic yang akan dilelehkan dan dibentuk), bed powdered, kerangka besi, heat bed, hotend, filament PLA dan mainboard 32 Bit silent board. Setelah selesai

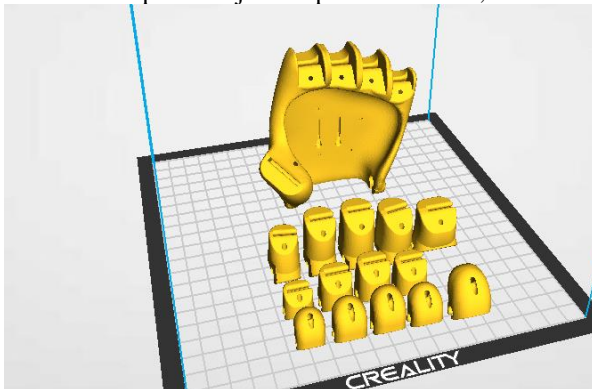
dirakit dan dikalibrasi *3D printer* siap digunakan untuk mencetak tangan palsu dengan beberapa uji coba yang dilakukan. Berikut Gambar 2 untuk hasil perakitan *3D printing*.



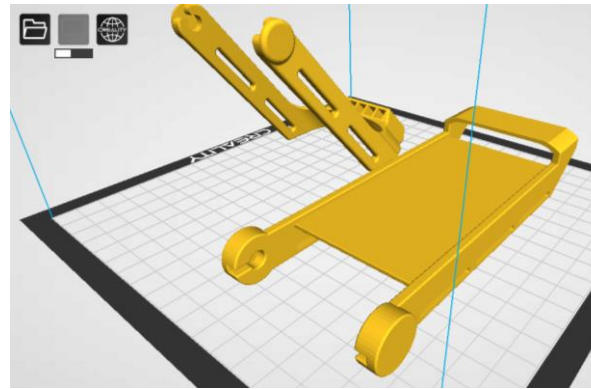
Gambar 2. Hasil Perakitan Creality Ender 3 Pro

### c. Tahap Modeling

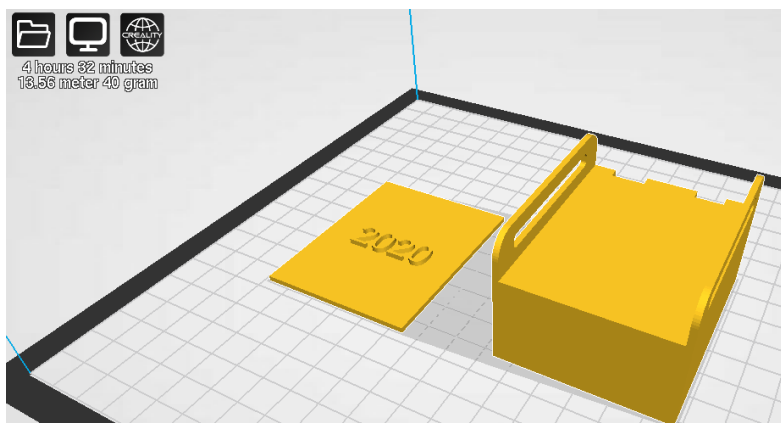
Tahap modeling menggunakan base model Flexy Hand v 2.0 dengan modifikasi pada bagian lengan untuk peletakan modul Arduino dan komponen lainnya. Sedangkan untuk modul transmitter menggunakan box yang didesain mandiri yang disesuaikan dengan ukuran modul transmitter. Pemodelan ini disesuaikan dengan kondisi tangan pasien amputasi baik diameter tangan maupun Panjang tangan yang dibutuhkan. Flexy Hand v2.0 sebagai base model dapat ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3. Flexy Hand v2.0 sebagai Base Model



Gambar 4. Hasil Modifikasi pada Bagian Lengan



Gambar 5. Hasil Pemodelan Box pada Bagian Transmitter

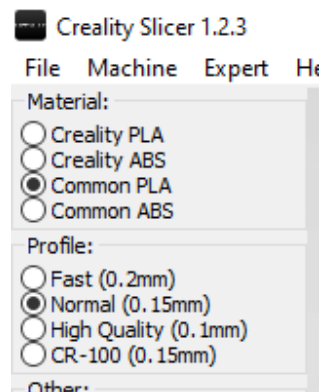
### d. Proses 3D Printing

Proses 3D Printing menggunakan *software* Creality Slicer dengan pengaturan layer *height* 0.15 mm. Proses ini menggunakan thermoplastic dengan jenis filament PLA yang di-*extrude* pada suhu 195° C dan juga

mengaktifkan heatbed pada suhu 60° C. metode cetak yang digunakan adalah Fused Deposition Modeling (FDM) dimana proses cetaknya dengan cara menumpukkan lapisan per lapisan bahan PLA secara kontinyu hingga terbentuk objek tiga dimensi yang diinginkan. Jenis thermoplastic dan pengaturan slicing dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Jenis thermoplastic yang digunakan



Gambar 7. Pengaturan Slicing pada Creality Slicer

#### e. Perakitan Model

Pada proses perakitan ini, 3D Model yang telah dicetak kemudian dirakit menjadi satu. Pada proses ini, ruas jari dihubungkan dengan material lain berupa TPU/ Flex filament yang dibuat oleh pihak ketiga. Setelah itu, masing-masing jari dihubungkan dengan tali yang kemudian akan terhubung dengan servo motor. Beberapa hasil perakitan dapat dilihat pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Material TPU/ Flex Filament sebagai Jointer



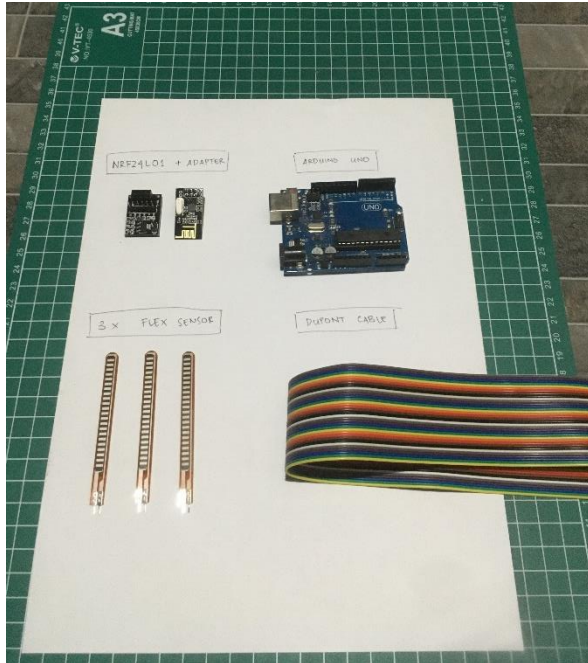
Gambar 9. Hasil Pencetakan dengan 3D Printing



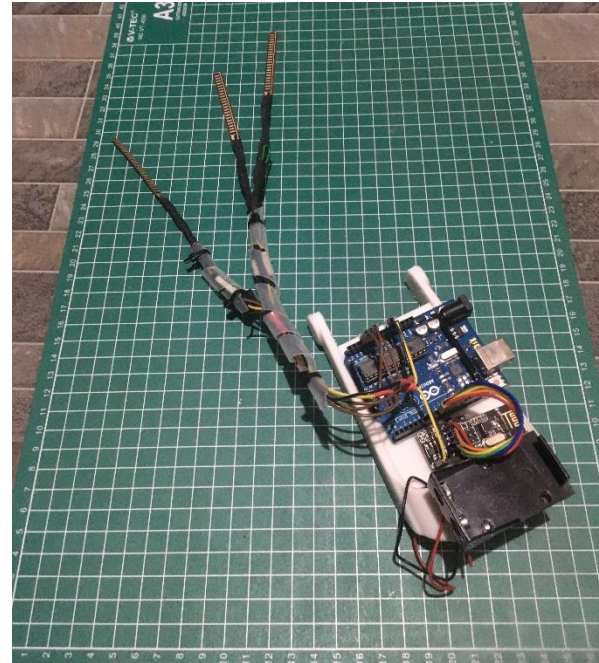
Gambar 10. Tangan yang Sudah Terakit

#### f. Pemasangan Modul Transmitter

Modul transmitter merupakan modul yang menangkap Gerakan tangan yang masih sehat. Gerakan jari pada tangan tersebut di-capture dengan flex sensor yang kemudian akan diubah menjadi nilai analog. Setelah itu, nilai analog akan diubah menjadi nilai rotasi servo yang kemudian akan dikirimkan ke modul receiver melalui modul WiFi. Untuk meningkatkan kenyamanan pasien, flex sensor akan dipasang pada sarung tangan yang kemudian akan dipakai oleh pengguna tangan palsu. Komponen dan hasil perakitan yang digunakan pada modul transmitter dapat disajikan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



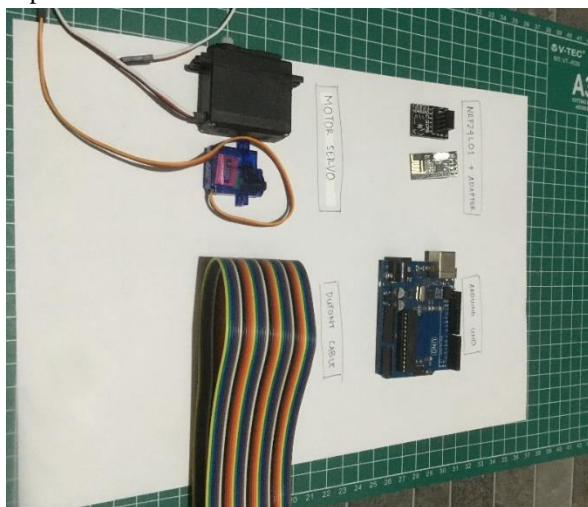
Gambar 11. Komponen yang Digunakan pada Modul Transmitter



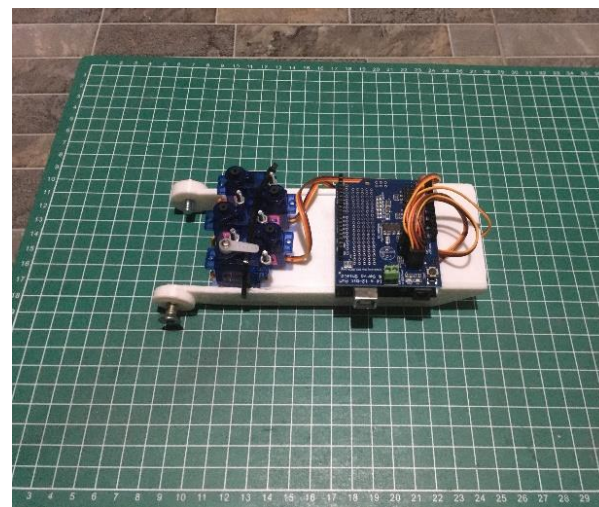
Gambar 12. Hasil Perakitan Modul Transmitter

#### g. Pemasangan Modul Receiver

Modul receiver merupakan modul yang menerima nilai rotasi servo dari modul transmitter yang kemudian nilai tersebut akan dikirimkan ke motor servo. Motor servo tersebut kemudian akan menarik jari tangan palsu sesuai dengan nilai yang didapatkan. Komponen dan hasil perakitan modul receiver dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Komponen yang Digunakan pada Modul Receiver



Gambar 14. Hasil Perakitan Modul Receiver

## h. Kalibrasi

Pada tahapan kalibrasi, nilai flex sensor akan dicari nilai minimum dan maksimum-nya ketika pengguna meluruskan dan menekuk secara penuh jari-jari yang terhubung dengan flex sensor. Adapun pembacaan dilakukan dengan menggunakan serial monitor pada aplikasi Arduino IDE. Proses pembacaan Nilai flex sensor pada saat jari diluruskan dan pada saat jari ditekuk dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.

```

09:37:36.734 -> Nilai Flex 1 : 429
09:37:36.734 -> Nilai Flex 2 : 424
09:37:36.782 -> Nilai Flex 3 : 386
09:37:37.367 -> Nilai Flex 1 : 429
09:37:37.367 -> Nilai Flex 2 : 425
09:37:37.401 -> Nilai Flex 3 : 385
09:37:37.978 -> Nilai Flex 1 : 429
09:37:38.013 -> Nilai Flex 2 : 425
09:37:38.047 -> Nilai Flex 3 : 385
09:37:38.625 -> Nilai Flex 1 : 429
09:37:38.660 -> Nilai Flex 2 : 424
09:37:38.660 -> Nilai Flex 3 : 385
09:37:39.270 -> Nilai Flex 1 : 429
09:37:39.270 -> Nilai Flex 2 : 427
09:37:39.305 -> Nilai Flex 3 : 387
    
```

Gambar 15. Proses Pembacaan Nilai Flex Sensor pada Saat Jari Diluruskan

```

09:38:48.941 -> Nilai Flex 1 : 607
09:38:48.982 -> Nilai Flex 2 : 604
09:38:48.982 -> Nilai Flex 3 : 539
09:38:49.590 -> Nilai Flex 1 : 606
09:38:49.625 -> Nilai Flex 2 : 674
09:38:49.625 -> Nilai Flex 3 : 583
09:38:50.235 -> Nilai Flex 1 : 602
09:38:50.235 -> Nilai Flex 2 : 628
09:38:50.270 -> Nilai Flex 3 : 567
09:38:50.849 -> Nilai Flex 1 : 600
09:38:50.884 -> Nilai Flex 2 : 595
09:38:50.884 -> Nilai Flex 3 : 536
09:38:51.494 -> Nilai Flex 1 : 607
09:38:51.494 -> Nilai Flex 2 : 684
09:38:51.527 -> Nilai Flex 3 : 591
    
```

Gambar 16. Proses Pembacaan Nilai Flex Sensor pada Saat Jari Ditekuk

## i. Uji Coba

Pada tahapan ini, produk diharapkan sudah siap digunakan oleh pengguna, baik secara fungsional maupun estetika tangan palsu. Uji coba awal komunikasi antar modul dan transmitter dan receiver dapat disajikan pada Gambar 17.

```

09:46:55.357 -> Nilai Flex 1 : 44
09:46:55.391 -> Nilai Flex 2 : 89
09:46:55.426 -> Nilai Flex 3 : 77
09:46:55.960 -> Nilai Flex 1 : 44
09:46:55.994 -> Nilai Flex 2 : 103
09:46:56.028 -> Nilai Flex 3 : 75
09:46:56.569 -> Nilai Flex 1 : 44
09:46:56.603 -> Nilai Flex 2 : 92
09:46:56.603 -> Nilai Flex 3 : 75
09:46:57.180 -> Nilai Flex 1 : 44
09:46:57.214 -> Nilai Flex 2 : 74
09:46:57.214 -> Nilai Flex 3 : 75
09:46:57.793 -> Nilai Flex 1 : 43
09:46:57.793 -> Nilai Flex 2 : -20
09:46:57.827 -> Nilai Flex 3 : 73
09:46:55.171 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:75
09:46:55.617 -> Nilai rotasi servo ibu:44
09:46:55.650 -> Nilai rotasi servo telunjuk:89
09:46:55.695 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:77
09:46:56.162 -> Nilai rotasi servo ibu:44
09:46:56.195 -> Nilai rotasi servo telunjuk:103
09:46:56.229 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:75
09:46:56.702 -> Nilai rotasi servo ibu:44
09:46:56.735 -> Nilai rotasi servo telunjuk:92
09:46:56.769 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:75
09:46:57.244 -> Nilai rotasi servo ibu:0
09:46:57.278 -> Nilai rotasi servo telunjuk:0
09:46:57.312 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:0
09:46:57.795 -> Nilai rotasi servo ibu:44
09:46:57.795 -> Nilai rotasi servo telunjuk:74
09:46:57.819 -> Nilai rotasi servo 3 jari terakhir:
    
```

Gambar 17. Uji Coba Awal : Komunikasi Antara Modul Transmitter dan Receiver

## j. Pengujian

Pada tahapan ini akan dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu pengujian sensor, pengujian *delay*, dan pengujian fungsional dari hasil penelitian perancangan tangan *prosthesis* bawah siku berbasis Flexy Hand 2 dan *flex sensor* ini. Pengujian sensor menggunakan program Serial Monitor Arduino. Pengujian *delay* akan menggunakan Serial Monitor Arduino berdasarkan standar TIPPHON kategori *delay*. Tabel klasifikasi *delay* menurut TIPPHON dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i> (dalam millisecond)	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 s.d 300	3
Sedang	300 s.d 450	2
Buruk	>450	1

Pada pengujian fungsional akan dilakukan secara kualitatif, yaitu dengan mengamati hasil pengujian secara langsung.

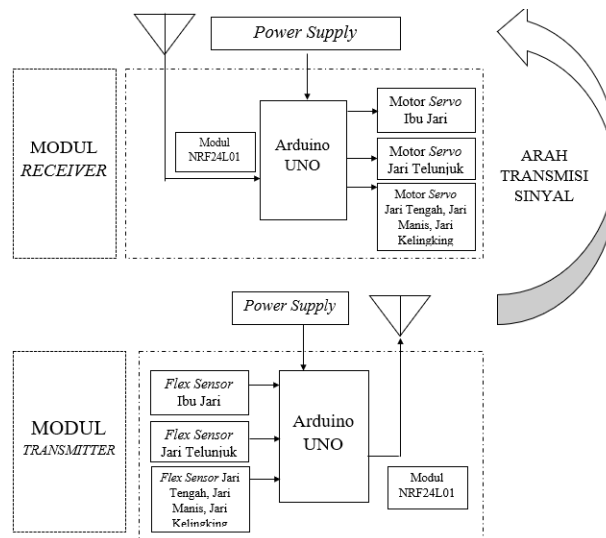
## K. Hasil dan Analisis

### Analisis Kebutuhan

Perancangan tangan *prosthesis* bawah siku berbasis Flexy Hand 2 dan *flex sensor* ini dikhususkan untuk tuna daksa bagian bawah siku (*transradial*) dan mengharuskan pasien memiliki satu tangan lain dengan minimal 3 jari tangan yang masih sehat.

Cara kerja tangan *prosthesis* ini adalah dengan menangkap pergerakan jari tangan pasien yang masih sehat yang diolah melalui *flex sensor* lalu kemudian ditransmisikan ke modul *receiver* yang kemudian akan dikonversi menjadi nilai rotasi motor *servo* yang akan menggerakkan jari-jari pada tangan *prosthesis*.

Sedangkan *block diagram* dari perancangan tangan *prosthesis* bawah siku berbasis Flexy Hand 2 dan *Flex Sensor* ini ditunjukkan pada Gambar 18.



**Gambar 18.** Block Diagram Tangan Prosthesis

Berdasarkan *block diagram* pada Gambar 18 dijelaskan bahwa *flex sensor* dipasang pada ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah. Kemudian, nilai pembacaan akan diolah pada mikrokontroler dan dikonversi menjadi nilai *ADC* lalu dikonversi lagi menjadi nilai rotasi pada motor *servo*. Hasil yang telah dikonversi, kemudian dikirim pada modul *receiver* melalui modul *WiFi* NRF24L01, kemudian oleh modul *receiver*, nilai tersebut akan digunakan untuk memutar motor *servo* pada tangan *prosthesis*.

Pemasangan *flex sensor* pada tiga jari tersebut didasari oleh sistem capit pada tangan *prosthesis* konvensional yang digunakan pada tiga jari tersebut. Pada tangan *prosthesis* konvensional, rangka capit tersebut akan dimasukkan kedalam sarung yang berbentuk tangan. Rangka capit tersebut dipasangkan ke ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah. Sedangkan pada jari manis dan jari kelingking, biasanya akan diisi dengan campuran bahan gypsum.

### Analisis Pada Flexy Hand 2 by Gyrobot

Flexy Hand 2 by Gyrobot merupakan salah satu jenis tangan *prosthesis body-powered* yang dibuat dengan *3D Printer*. Flexy Hand 2 by Gyrobot dijadikan sebagai *base model* pada penelitian ini dengan pertimbangan kemiripan bentuk dan estetika model yang menyerupai tangan asli. Hasil pencetakan 3D dari Flexy Hand 2 by Gyrobot ditunjukkan pada Gambar 19.



**Gambar 19.** Hasil Pencetakan Flexy Hand 2 by Gyrobot

Pencetakan 3D dari Flexy Hand 2 by Gyrobot menggunakan bahan *Polyactic acid (PLA)* dengan pengaturan *printer* yang dijabarkan pada Tabel 2.

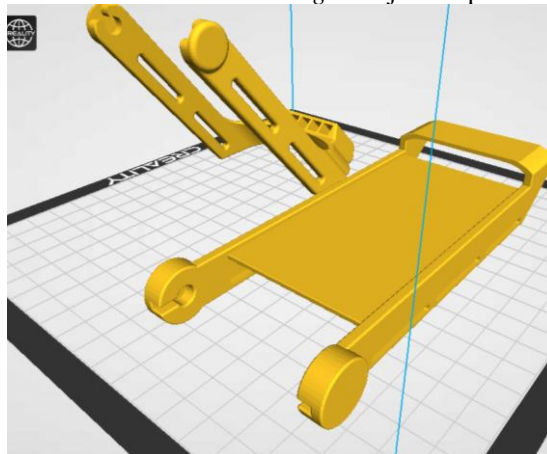
**Tabel 2.** Pengaturan 3D Printer

No.	Komponen	Pengaturan
1	<i>Nozzle Temperature</i>	200° C
2	<i>Bed Temperature</i>	60° C
3	<i>Nozzle Diameter</i>	0.4 mm
4	<i>Layer Height</i>	0.2 mm
5	<i>Printing Support</i>	Enabled

Dari hasil analisis yang didapatkan, diperlukan pemodelan ulang pada bagian lengan untuk meletakkan motor *servo* dan modul tangan *prosthesis*. Selain itu, pada bagian pergelangan tangan akan dibuat statis untuk memperoleh torsi maksimal dari motor *servo*.

#### **Remodeling Lengan untuk Flexy Hand 2 by Gyrobot**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada Flexy Hand 2 by Gyrobot maka dilakukan *remodeling* lengan dengan menggunakan aplikasi Fusion 360. Hasil *remodeling* ditunjukkan pada Gambar 20.



**Gambar 20.** Lengan *Existing* Pada Flexy Hand (belakang) dan Lengan Hasil *Remodeling* (Depan)

Berdasarkan Gambar 20, ditunjukkan bahwa telah dilakukan perubahan pada bagian lengan dengan menambah *base* sebagai tempat untuk meletakkan motor *servo* dan modul mikrokontroler untuk *receiver*. Adapun komponen yang terpasang sebagai modul *receiver* ditunjukkan pada Tabel 3.

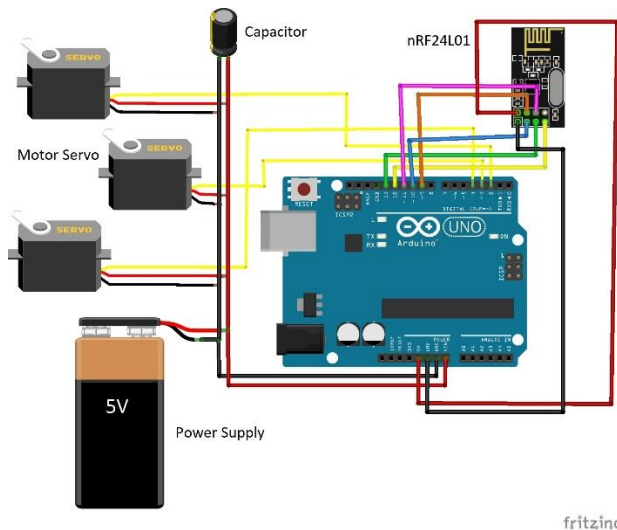
**Tabel 3.** Komponen yang Terpasang Pada Modul *Receiver*

No.	Komponen	Fungsi
1	Arduino UNO	Modul mikrokontroler
2	5V Power Supply	Sumber tegangan



3	NRF24L01 Shield	Modul voltage divider untuk NRF24L01
4	NRF24L01 Modules	Modul WiFi
5	3 x Motor Servo	Penggerak jari tangan
6	Tali Nylon	Penghubung antara motor <i>servo</i> dan jari tangan
7	Kapasitor 4700 $\mu$ F 16V	Stabilizer untuk sumber tegangan motor <i>servo</i>

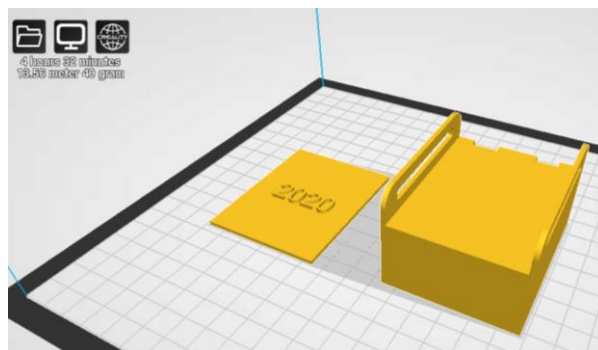
Skema pemasangan modul *receiver* ditunjukkan pada Gambar 21.



**Gambar 21.** Skema Pemasangan Modul *Receiver*

#### Pemodelan Bagian *Transmitter* untuk Flexy Hand

Bagian *transmitter* merupakan bagian untuk menangkap gerakan tangan yang masih utuh dengan menggunakan *flex sensor*. Bagian *transmitter* akan diberi casing dengan *3D Model* yang ditunjukkan pada Gambar 22.



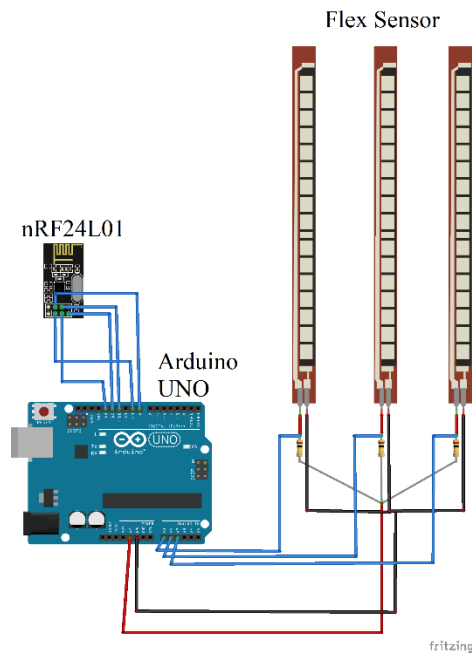
**Gambar 22.** Casing Modul *Transmitter*

Komponen yang terpasang pada bagian *transmitter* ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Komponen yang Terpasang Pada Modul *Transmitter*

No.	Komponen	Fungsi
1	Arduino UNO	Modul mikrokontroler
2	5V Power Supply	Sumber tegangan
3	NRF24L01 Shield	Modul voltage divider untuk NRF24L01
4	NRF24L01 Modules	Modul WiFi
5	3 x <i>Flex Sensor</i>	Mengubah pergerakan jari tangan menjadi nilai analog

Skema pemasangan modul *transmitter* ditunjukkan pada Gambar 23.



**Gambar 23.** Skema Pemasangan Modul *Transmitter*

### Pengkodean

Setelah pemodelan dan skema pemasangan modul selesai dibuat dan dirakit, langkah berikutnya adalah pengkodean. Pengkodean dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE dalam bahasa pemrograman C++. Bagian kode yang digunakan untuk mengolah pergerakan jari tangan menjadi nilai rotasi motor *servo* ditunjukkan pada Gambar 24.

**Gambar 24.** Kode Program Untuk Konversi Nilai ADC ke dalam *Range* Nilai Rotasi Motor *Servo*

Pada Gambar 24 ditunjukkan fungsi `map()`, yaitu fungsi untuk mengkonversi *range* nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) ke dalam *range* nilai rotasi motor *servo*.

### Pengujian

Pada tahapan pengujian dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu pengujian sensor, pengujian *delay*, dan pengujian fungsional. Pengujian sensor adalah pengujian yang berkaitan dengan *flex sensor* dan nilai ADC yang didapatkan. Pengujian *delay* berkaitan dengan lamanya *delay* untuk mengirimkan nilai dari *transmitter* ke bagian *receiver*. Sedangkan, pengujian fungsional merupakan pengujian keseluruhan dari tangan *prosthesis* yang dibuat.

```
void loop() {
  vibu = analogRead(ibu);
  vtel = analogRead(tel);
  vtri = analogRead(tri);
  vibu = map(vibu, 429, 607, 0, 179);
  vtel = map(vtel, 424, 684, 0, 179);
  vtri = map(vtri, 385, 591, 0, 179);
  ...
}
```

### Pengujian Sensor

Skenario dalam pengujian sensor adalah sensor dipasangkan pada ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah. Sensor diberi resistor dengan nilai 100K  $\Omega$ . Tegangan kerja sensor sebesar 5V. Masing-masing jari akan diluruskan selama 15 detik (5 kali *looping*), kemudian ditekuk penuh (dalam kondisi menggenggam) selama 15 detik (5 kali *looping*). Nilai yang dihasilkan dimasukkan ke dalam kode program pada Gambar 9. Adapun hasil pengujian sensor, berdasarkan skenario pengujian tersebut, dijabarkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Sensor

No.	Sensor	Kondisi Jari	V Sensor	R Sensor	Nilai ADC
1	<i>Flex</i>	Lurus	5.02V	100K $\Omega$	429
	<i>Sensor</i> Ibu Jari	Menekuk	5.02V	100K $\Omega$	607
2	<i>Flex</i>	Lurus	5.02V	100K $\Omega$	424
	<i>Sensor</i> Jari	Menekuk	5.02V	100K $\Omega$	684
3	Telunjuk	Lurus	5.02V	100K $\Omega$	385
	<i>Flex</i>	Menekuk	5.02V	100K $\Omega$	591
	<i>Sensor</i> Jari Tengah				

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4 diperoleh informasi bahwa pada ibu jari didapatkan nilai paling kecil 429 pada saat ibu jari diluruskan, dan didapatkan nilai paling besar 607 pada saat ibu jari ditekuk. Sedangkan pada jari telunjuk diperoleh nilai *ADC* minimal sebesar 424 ketika diluruskan, dan diperoleh nilai maksimal sebesar 684 ketika jari telunjuk ditekuk. Pada sensor jari tengah, diperoleh nilai minimal 385 pada saat jari diluruskan, dan diperoleh nilai maksimal pada saat jari ditekuk.

### Pengujian Delay

Pengujian *delay* dilakukan untuk mengetahui selisih waktu pada saat paket hasil pembacaan sensor dikirimkan hingga nilai rotasi *servo* diterima oleh *receiver*. Skenario dari pengujian *delay* adalah modul *transmitter* dan *receiver* dihubungkan sebanyak 3 kali *looping*. Transmisi data menggunakan dua buah modul *wireless* nRF24L01 dengan jarak antar modul 40cm. Hasil pengujian *delay* dijelaskan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian *Delay*

No. Iterasi	Waktu Paket Dikirim	Waktu Paket Diterima	Selisih Waktu (millisecond)
1	09:46:55.357	09:46:55.617	260
	09:46:55.391	09:46:55.650	259
	09:46:55.426	09:46:55.685	259
2	09:46:55.960	09:46:56.162	202
	09:46:55.994	09:46:56.195	201
	09:46:56.020	09:46:56.228	208
3	09:46:56.569	09:46:56.702	133
	09:46:56.603	09:46:56.735	132
	09:46:56.603	09:46:56.769	166

Berdasarkan pengujian *delay* pada Tabel 6 diketahui bahwa selisih waktu berkisar antara 132 milisecond sampai 260 milisecond.

Berdasarkan klasifikasi *delay* pada Tabel 1 maka diketahui bahwa *delay* yang terjadi dalam pengujian pada Tabel 5 dikategorikan Bagus. Meskipun demikian, perlu diketahui bahwa motor *servo* yang digunakan dalam penelitian ini, memerlukan waktu sekitar 1-2 detik untuk melakukan rotasi dari 0° - 180°.

### Pengujian Fungsional

Hasil pengujian fungsional merupakan hasil pengujian keseluruhan tangan *prosthesis*, terutama pada aspek fungsionalitas tangan *prosthesis* apabila digunakan sebagai alat bantu gerak. Hasil pengujian fungsional dijabarkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Fungsional

No.	Komponen Pengujian	Keberhasilan	
		Berhasil	Tidak
1	Ibu jari dapat digerakkan	v	
2	Jari telunjuk dapat digerakkan	v	
3	Jari tengah, jari manis, dan kelingking dapat digerakkan	v	

4	Tangan dapat mengepal	v
5	Tangan dapat digunakan untuk menggenggam benda	v
6	Tangan dapat digunakan untuk mengambil benda	v

Berdasarkan pengujian fungsional yang dilakukan pada Tabel 7 dapat diketahui bahwa fungsionalitas tangan berjalan dengan baik, sebagaimana semua jari pada tangan berhasil digerakkan menirukan gerakan tangan pada *transmitter*. Selain itu, gerakan dasar tangan seperti menggenggam benda dan mengambil benda dapat dijalankan dengan baik. Diameter benda yang dapat digenggam terbatas pada panjang jari pada tangan. Salah satu dokumentasi pengujian fungsional ditunjukkan pada Gambar 24.



**Gambar 24.** Dokumentasi Tangan *Prosthesis* Pada Kondisi Mencengkeram

### **Kesimpulan**

Perancangan Tangan *Prosthesis* Bawah Siku Berbasis Flexy Hand 2 dan *Flex Sensor* telah berhasil dilakukan. Tangan *prosthesis* dibuat dengan *base model* Flexy Hand 2 yang dimodifikasi pada bagian lengan dan ditambahkan modul *transmitter*. Tangan *prosthesis* yang dibuat berhasil memperlebar ruang lingkup penggunaan Flexy Hand 2 yang semula hanya dapat digunakan oleh orang yang tidak mempunyai jari tangan, menjadi penyandang tuna daksa bagian bawah siku.

Tangan *prosthesis* yang dibuat dengan modul utama *flex sensor* ini dapat mengirimkan data ke modul *receiver* dalam rentang waktu sekitar 132 milisecond sampai dengan 260 milisecond. Tangan *prosthesis* bawah siku yang dibuat, dapat menjadi alat bantu gerak dengan gerakan dasar seperti menggenggam benda dan mengambil benda.

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202472136, 26 Juli 2024

## Pencipta

Nama : **Firdhaus Hari S A H**  
Alamat : Rancah Wetan Rt 03 Rw 11 Siswodipuran Boyolali, Boyolali, Boyolali,  
Jawa Tengah, 57311  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Universitas Sahid Surakarta**  
Alamat : Jl. Adisucipto No 154 Jajar Surakarta, Laweyan, Surakarta (solo), Jawa  
Tengah 57311

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Program Komputer**

Judul Ciptaan : **Pembuatan Tangan Palsu Menggunakan Teknologi 3D Printing  
Berkas Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pasien Amputasi**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 26 Juli 2024, di Boyolali  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali  
dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000647486

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b

Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

IGNATIUS M.T. SILALAH  
NIP. 196812301996031001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.