

BAB III

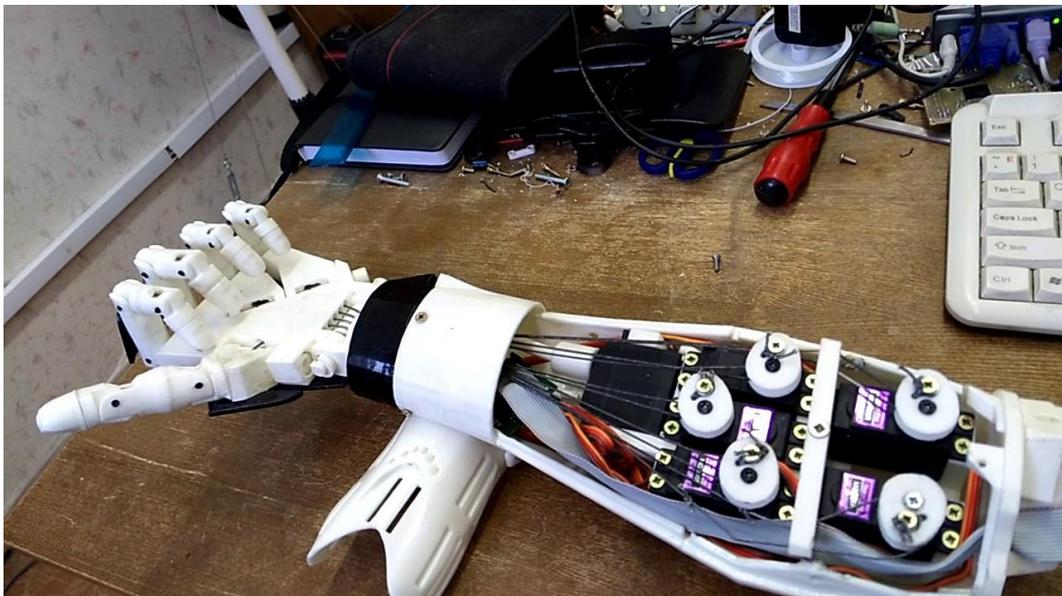
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Analisis Sistem

3.1.1 Analisis *Existing Product*

Existing product akan dianalisis menggunakan metode analisis SWOT. Analisis SWOT merupakan suatu teknik perencanaan yang digunakan untuk mengevaluasi Kekuatan (*Strength*) dan Kelemahan (*Weakness*), Peluang (*Opportunities*) dan Ancaman (*Threats*) dalam suatu proyek, baik proyek yang sedang berlangsung maupun dalam perencanaan proyek baru. Produk yang akan dianalisis adalah *life-size robot* Inmoov (bagian tangan), *humanoid robotic hand*, dan *robotic gloves devices*.

Inmoov robot adalah sebuah *project* untuk membuat sebuah robot dengan ukuran 1:1 dengan manusia. Tangan robot Inmoov banyak digunakan sebagai dasar maupun acuan dalam pengembangan tangan *prosthesis* yang diciptakan dengan *3D Printing*. Gambar detail tangan Inmoov Robot ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Detail Tangan Inmoov Robot

Sumber : (<https://i.ytimg.com/vi/gX-de9O9-Cg/maxresdefault.jpg>)

Analisis SWOT dari tangan Inmoov robot ini ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Hasil Analisis SWOT Tangan Inmoov Robot

No	Komponen	Hasil
1	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk menyerupai tangan manusia 2. Pergerakan tangan menyerupai manusia 3. Digerakkan dengan lima buah motor <i>servo</i> sehingga mampu menahan beban lebih.
2	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroler masih tergabung dalam sebuah mikrokontroler untuk keseluruhan robot. 2. Desain secara keseluruhan tangan belum bisa untuk digunakan pada pasien amputasi maupun tunadaksa. 3. Sistem mekanik masih banyak menggunakan sekrup besi, sehingga produk tangan mudah pecah. 4. Dikembangkan di Perancis, sehingga terdapat banyak komponen yang harus disesuaikan apabila akan dikembangkan.
3	<i>Opportunity</i> (Peluang)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bersifat <i>open-source</i> sehingga dapat dikembangkan menjadi tangan <i>prosthesis</i>. 2. Semakin dikenalnya teknologi <i>3D Printer</i>, sehingga memudahkan dalam pengembangan Inmoov Robot.
4	<i>Threats</i> (Ancaman)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teknologi <i>3D Printer</i> belum dikenal masyarakat luas, sehingga pengembangan akan lama. 2. Harga <i>3D Printer</i> masih mahal. 3. Harga <i>thermoplastic</i> yang digunakan relatif mahal.

Analisis berikutnya adalah *humanoid robotic hand* karya Cengiz Tezel, dkk. (2017). Tangan tersebut adalah tangan robotik yang digerakkan dengan kontrol aplikasi Android. Bentuk dari *humanoid robotic hand* karya Cengiz Tezel, dkk. identik dengan tangan Inmoov Robot.

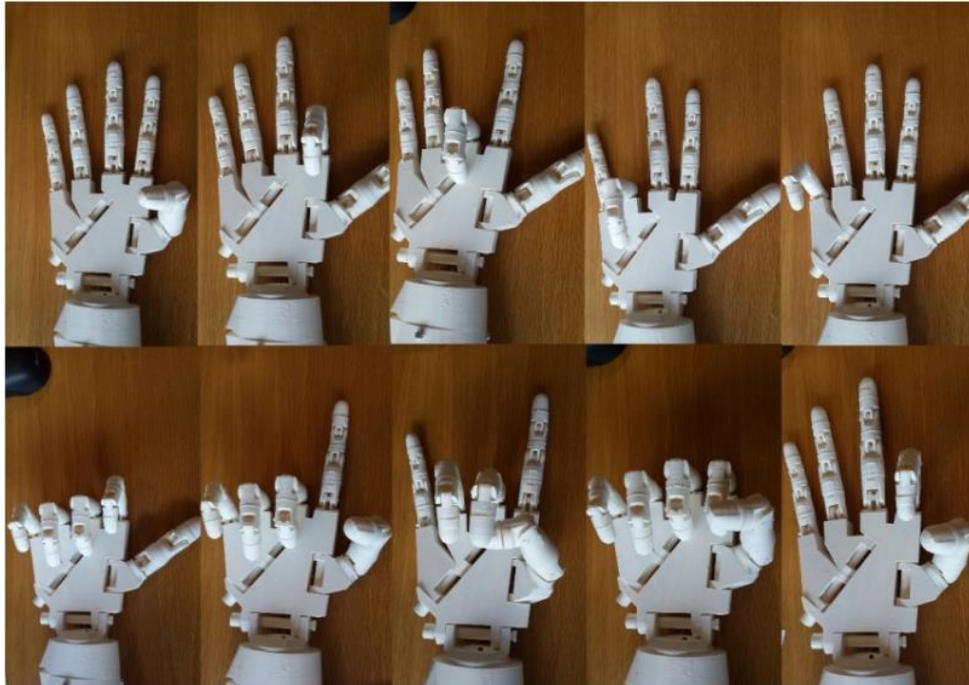
Jari-jari pada tangan tersebut digerakkan dengan sebuah aplikasi Android. Media koneksi yang digunakan pada aplikasi tersebut adalah *Bluetooth*. Pada aplikasi Android tersebut terdapat duabelas tombol yang ada pada antarmuka aplikasi. Pada konsepnya, aplikasi android dibangun untuk mengontrol besaran putaran dari motor *servo*, kemudian motor *servo* akan menarik benang nylon yang terhubung ke masing-masing jari pada *humanoid robotic hand* tersebut. Ketika benang nylon ditarik, maka jari-jari akan bergerak sesuai dengan perintah yang dikirim melalui aplikasi. Adapun tampilan antarmuka aplikasi tangan robotik Tezel, dkk. ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Antarmuka Aplikasi Tangan Robotik Karya Tezel, dkk.

Sumber : (Tezel, Kayisli, & Gunay, 2017)

Jari-jari Robotik Humaoid Hand bergerak sesuai input yang diberikan user pada aplikasi yang ditunjukkan diatas. Gerakan jari-jari yang dapat dilakukan oleh tangan robotik Tezel, dkk. ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Gerakan yang Dapat Dilakukan Tangan Robotik Tezel, dkk.

Sumber : (Tezel, Kayisli, & Gunay, 2017)

Analisis SWOT dari *humanoid robotic hand* ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 (a) Hasil Analisis SWOT *Humanoid Robotic Hand*

No	Komponen	Hasil
1	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroler dikembangkan untuk mengontrol satu bagian tubuh, yaitu tangan. 2. Pergerakan tangan terlihat lebih jelas dan akurat karena digerakkan menggunakan aplikasi dengan nilai yang konstan. 3. Digerakkan dengan lima buah motor <i>servo</i> sehingga bisa digerakkan masing-masing jari tangan.

Tabel 3.2 Hasil Analisis SWOT *Humanoid Robotic Hand* (Lanjutan)

No	Komponen	Hasil
2	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kontroler digerakkan melalui sebuah aplikasi android, sehingga cukup sulit untuk digunakan pada pasien amputasi maupun tunadaksa. 2. Desain masih mengadopsi secara penuh Inmoov Robot sehingga belum bisa untuk digunakan pada pasien amputasi maupun tunadaksa. 3. Nilai yang dikirim dari aplikasi Android merupakan nilai konstan, sehingga gerakan yang dihasilkanpun terbatas pada aplikasi yang dibuat.
3	<i>Opportunity</i> (Peluang)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dengan kontroler nya yang terpisah, maka peluang untuk membuat tangan <i>prosthesis</i> lebih besar. 2. Mikrokontroler menggunakan Arduino sehingga mudah untuk dikembangkan di Indonesia.
4	<i>Threats</i> (Ancaman)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teknologi <i>3D Printer</i> belum dikenal masyarakat luas, sehingga pengembangan akan lama. 2. Harga <i>3D Printer</i> masih mahal. 3. Harga <i>thermoplastic</i> yang digunakan relatif mahal. 4. IDE aplikasi Android membutuhkan spesifikasi laptop yang tinggi.

Analisis SWOT selanjutnya dilakukan pada produk *robotic gloves device* karya Hartopanu, dkk. *robotic gloves device* merupakan sarung tangan yang dibuat untuk membantu proses pemulihan tangan pasien yang mengalami kelumpuhan akibat terkena stroke. Pada prinsipnya, *robotic gloves device* ini menggunakan sisi tubuh pasien yang masih sehat sebagai *transmitter*. *Transmitter* tersebut akan menggerakkan motor *servo* yang dihubungkan ke tangan pasien yang sedang menjalani rehabilitasi stroke. Motor *servo* akan menarik jari-jari pasien yang terkena stroke yang bertujuan untuk mempercepat proses rehabilitasi. *Robotic gloves device* karya Hartopanu ditunjukkan pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 *Robotic Gloves* Hartopanu

Sumber : (Hartopanu, Poboroniuc, Serea, Irimia, & Livint, 2015)

Hasil analisis SWOT pada *robotic gloves* Hartopanu ditunjukkan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Analisis SWOT *Robotic Gloves* Hartopanu

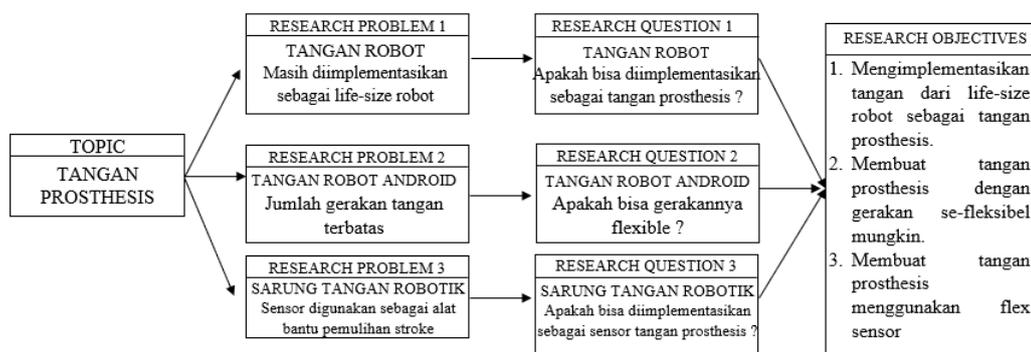
No	Komponen	Hasil
1	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan <i>flex sensor</i>, sehingga gerakan motor <i>servo</i> lebih fleksibel. 2. Aktuator berupa lima buah motor <i>servo</i> sehingga mampu menarik beban jari pasien. 3. Aktuator dihubungkan dengan kabel kawat, sehingga lebih kuat dalam menarik beban.

Tabel 3.3 Analisis SWOT *Robotic Gloves* Hartopanu (Lanjutan)

No	Komponen	Hasil
2	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produk <i>robotic gloves</i> terkesan tidak nyaman dipakai karena perkabelan yang kurang rapi. 2. <i>Robotic gloves</i> digunakan sebagai alat rehabilitasi, bukan tangan pengganti. 3. Tali kawat sebagai aktuator dan dipasang diluar gloves menjadikan produk mudah rusak karena tidak tertutup pelindung.
3	<i>Opportunity</i> (Peluang)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Flex Sensor</i> dapat diaplikasikan kedalam tangan <i>prosthesis</i>, sehingga pergerakan tangan <i>prosthesis</i> bisa lebih fleksibel. 2. Konsep pemasangan sensor di sarung tangan bisa diaplikasikan kedalam tangan <i>prosthesis</i> demi kenyamanan pengguna.
4	<i>Threats</i> (Ancaman)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Harga <i>Flex Sensor</i> mahal. 2. Nilai <i>flex sensor</i> tidak konstan, sehingga motor <i>servo</i> akan terus bergerak dalam <i>range</i> putaran yang sangat kecil.

3.1.2 Analisis Produk yang Baru

Berdasarkan analisis *existing product* yang telah dilakukan, terdapat kelemahan dan keunggulan dari masing-masing produk. Produk yang dirancang diupayakan agar dapat menggabungkan semua keunggulan dari masing-masing produk dan membenahi kekurangan dari *existing product*. Untuk memudahkan pembuatan produk yang baru, maka dibuatlah *research objectives* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut.



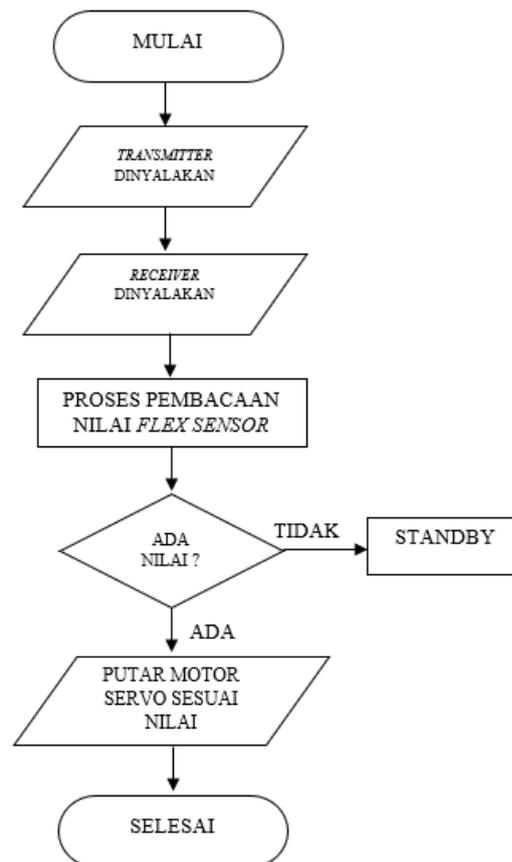
Gambar 3.5 *Research Objectives* Pembuatan Tangan *Prosthesis*

Gambar 3.5 menjelaskan hubungan antara penelitian terkait dengan penelitian yang dijalankan. Tangan robot Inmoov yang masih diimplementasikan sebagai tangan dari sebuah *life-size robot*, akan dialih-fungsikan sebagai tangan *prosthesis*. Sedangkan tangan robot android karya Tezel masih memiliki keterbatasan dalam jumlah gerakan, sehingga gerakan tangan yang dapat dilakukan tidak fleksibel. Sarung tangan robotik karya Hartopanu, dkk. menggunakan *flex sensor* yang dipasang pada pasien, tetapi digunakan sebagai alat rehabilitasi untuk pasien stroke.

Berangkat dari tiga penelitian tersebut, maka muncul *research objectives* untuk membuat sebuah tangan *prosthesis* untuk pasien amputasi dengan desain dari Inmoov robot dan atau pengembangannya yang dikontrol menggunakan *flex sensor* yang dihubungkan dengan tangan pasien yang utuh, dengan demikian jumlah gerakan akan jauh lebih fleksibel.

Berdasarkan *research objectives* yang dibuat, maka dilakukan penelitian pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul *Bluetooth* berbasis Arduino.

Produk tangan *prosthesis* ini akan dibuat menggunakan Arduino, *flex sensor*, modul *Bluetooth* dan *thermoplastic PLA* sebagai beberapa bahan utama. Adapun cara kerja dari tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul *Bluetooth* berbasis Arduino, akan dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Diagram Alir Produk Tangan *Prosthesis* yang Dibuat

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6, cara kerja tangan *prosthesis* yang dibuat adalah dengan membaca nilai lengkung yang didapatkan oleh *flex sensor*, kemudian data yang didapat dikirimkan ke *receiver* dengan menggunakan media *Bluetooth*. Apabila ada nilai yang terbaca, *receiver* akan mengubah nilai tersebut ke gerakan motor *servo*, tetapi bila tidak ada nilai yang terbaca, maka tangan *prosthesis* akan tetap dalam mode *standby*.

3.2 Spesifikasi Peralatan

3.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Dalam pembuatan tangan *prosthesis* ini, ada dua jenis *hardware* yang akan digunakan sebagai alat dan bahan. *Hardware* tersebut berupa komputer, *3D printer*. Komputer digunakan untuk mengunggah *coding* ke dalam papan Arduino. Adapun spesifikasi dari komputer yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Spesifikasi Komputer

No	Nama	Spesifikasi
1	<i>Processor</i>	AMD Radeon A9-9420 3.1 GHz
2	<i>Memory</i>	4GB DDR3
3	<i>Harddisk</i>	500GB
4	<i>Display</i>	1366 x 768 pixels

Selanjutnya adalah *3D Printer*. *3D Printer* digunakan untuk mencetak bagian-bagian dari tangan *prosthesis*. Adapun spesifikasi dari *3D Printer* yang digunakan akan ditunjukkan pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Spesifikasi *3D Printer*

No	Nama	Spesifikasi
1	Filament yang Dipakai	PLA 1.75mm
2	Jenis	FDM <i>Printer</i>
3	Model	<i>Cartesian Printer</i>
4	Lebar <i>Nozzle</i>	0.4 mm

3.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

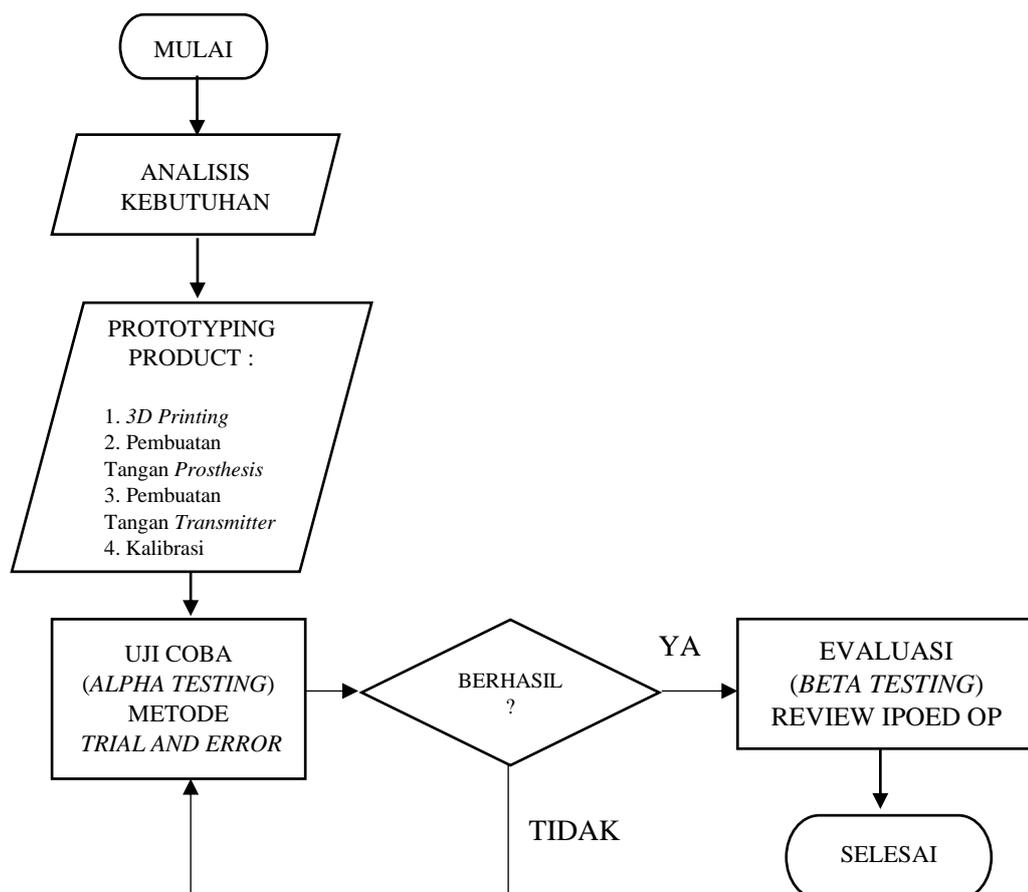
Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul *Bluetooth* berbasis Arduino akan ditunjukkan pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Spesifikasi Perangkat Lunak

No	Jenis	Nama
1	Sistem Operasi	Windows 10
2	<i>IDE</i>	Arduino IDE
3	Pencetakan 3D	Repetier Host
4	Pembuatan Diagram	Microsoft Word

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *trial and error*, dimana produk akan terus menerus diujicoba hingga berhasil diimplementasikan. Adapun diagram alir dari alur penelitian dalam pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul *Bluetooth* berbasis Arduino dijelaskan dalam Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Diagram Alir Alur Penelitian

3.3.1 Prototyping

3.3.1.1 3D Printing

3D Printing adalah proses pencetakan tangan *prosthesis*. *Prototype* yang dibuat akan menggunakan model *open source* Brunel Hands 2.0. Pada model *open source* tersebut, model akan dicetak dengan *infill* 40%. Dalam proses ini, model akan dicetak menggunakan material *thermoplastic Polylactic acid (PLA)*. Adapun model yang akan dicetak akan ditunjukkan pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Brunel Hands v.2.0

Sumber : (thingiverse.com)

Brunel Hands v2.0 adalah sebuah *open source project* yang dibuat oleh Open Bionics. Pemilihan model tersebut didasari pada penggunaan material *flexibel* yang hanya 2 bagian kecil dan juga ukuran model yang seukuran dengan tangan sebenarnya. Meskipun demikian, model ini akan diperkecil dengan ukuran 95% dari model asli, untuk menyesuaikan dengan ukuran tangan di Indonesia. Penelitian ini mengadaptasi dan memodifikasi 3D model tersebut dan akan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Adapun komponen Brunel Hands v2.0 yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Komponen Brunel Hands 2.0 yang Digunakan

Seperti yang tampak pada Gambar 3.9, *prototype* tangan akan dibuat dengan beberapa material. Penggunaan material pada pembuatan *prototype* tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Material *Prototype* Tangan *Prosthesis*

No	Komponen	Material
1	<i>Printed Part</i> (Warna Putih)	<i>Polyactic acid (PLA)</i>
2	<i>Jointer</i> (Warna Hitam)	Mika 0.5mm
3	<i>Grip</i>	<i>Rubber sheet</i> 1 mm

3.3.1.2 Pembuatan Tangan *Prosthesis*

a. Pembuatan Tangan *Prosthesis* Percobaan Pertama

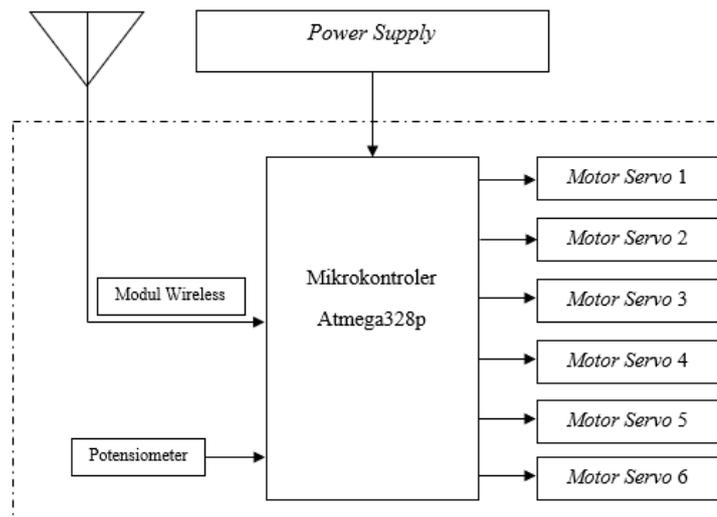
Tangan *prosthesis* pada percobaan pertama menggunakan 6 buah motor *servo*. Motor *servo* ini digunakan untuk menggerakkan lima jari tangan dan satu di pergelangan tangan. Pergerakan kelima jari tangan diatur oleh *flex sensor* pada tangan *transmitter*, sementara pergerakan pergelangan tangan diatur melalui sebuah potensiometer yang dipasangkan pada tubuh tangan *prosthesis*. Media penghubung antara motor *servo* dan jari tangan *prosthesis* adalah tali *nylon*. Sedangkan media

transmisi antara tangan *prosthesis* dan tangan *transmitter* dilakukan dengan media Bluetooth melalui modul HC-05. Adapun komponen yang digunakan pada percobaan pertama ini ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Komponen Tangan *Receiver* Percobaan Pertama

No	Nama	Spesifikasi	Volume
1	Mikrokontroler	Arduino Uno R3	1 buah
2	<i>Power</i>	PowerBank 10000 mAh	2 buah
3	Potensiometer	Potensiometer 10K	1 buah
4	Motor <i>Servo</i>	Motor <i>Servo</i> MG996R	6 buah
5	Modul Bluetooth	Modul HC-05	1 buah
6	<i>Dupont Cable</i>	Male - Male	18 buah
		Male - Female	9 buah
		Female - Female	2 buah
7	Tali	Nylon / Tali Pancing	5 helai x 30 cm 2 helai x 15 cm

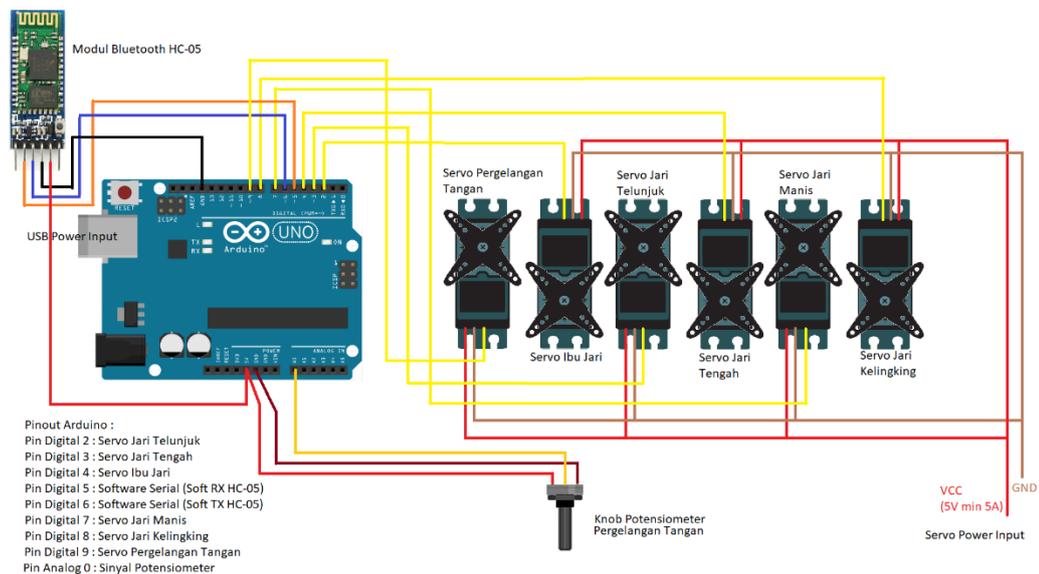
Modul tangan *prosthesis* percobaan pertama tersebut dibuat berdasarkan *block diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Block Diagram* Modul Tangan *Prosthesis*

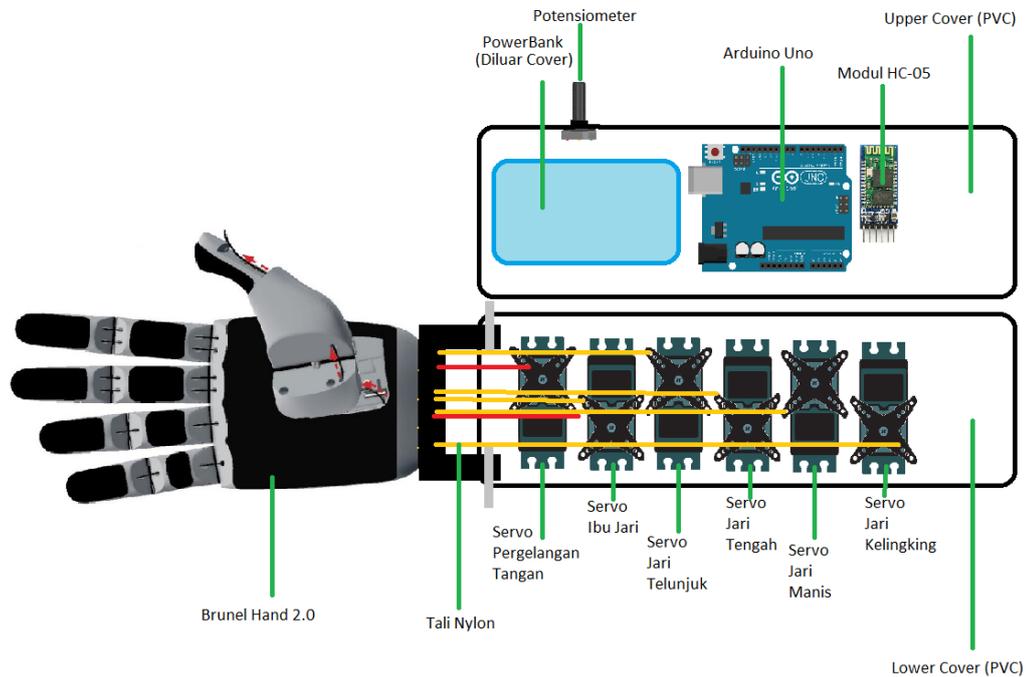
Pada Gambar 3.10 dijelaskan bahwa modul HC-05 menerima sinyal *input* dari tangan *transmitter* yang kemudian akan diproses oleh Arduino yang akan menggerakkan motor *servo* sesuai dengan sinyal *input* yang diterima. Jumlah motor *servo* yang digunakan berjumlah enam, hal tersebut dimaksudkan untuk menggerakkan lima jari tangan dan juga satu pergerakan pergelangan tangan. Sementara untuk pergerakan pergelangan tangan diatur dengan cara memutar potensiometer.

Berdasarkan *block diagram* modul tangan *receiver* yang telah dibuat, maka didapatkan skema rangkaian modul tangan *prosthesis* yang akan ditunjukkan pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Skema Rangkaian Modul Tangan *Prosthesis* Percobaan Pertama

Adapun dalam penelitian ini, lengan dibuat seukuran dengan lengan bagian bawah orang dewasa. Pada percobaan pertama, bagian lengan bawah ini akan digunakan sebagai tempat menaruh motor *servo*, modul mikrokontroler, modul transmisi data (HC-05), dan *powerbank* yang diletakkan diluar bagian tangan. Lengan tangan *prosthesis* akan dibuat menggunakan pipa PVC berukuran 3 inch. *Layout* peletakan modul tangan *prosthesis* pada percobaan pertama ditunjukkan pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 *Layout* Modul Tangan *Prosthesis* Percobaan Pertama

b. Pembuatan Tangan *Prosthesis* Percobaan Kedua

Tangan *prosthesis* percobaan kedua merupakan perancangan ulang tangan *prosthesis*, khususnya hal-hal yang berkaitan dengan fungsional tangan. Kebanyakan yang diubah adalah komponen-komponen yang berkaitan dengan mekanik dan beberapa modul elektrik. Komponen yang berkaitan dengan mekanik, misalnya penggunaan tali nylon yang tidak efektif karena memiliki tingkat kelenturan terlalu tinggi, sehingga pergerakan jari tangan tidak efektif. Sehingga dalam percobaan kedua ini, tangan *prosthesis* dihubungkan dengan kawat tembaga yang memiliki tingkat kelenturan yang rendah dan lebih kuat.

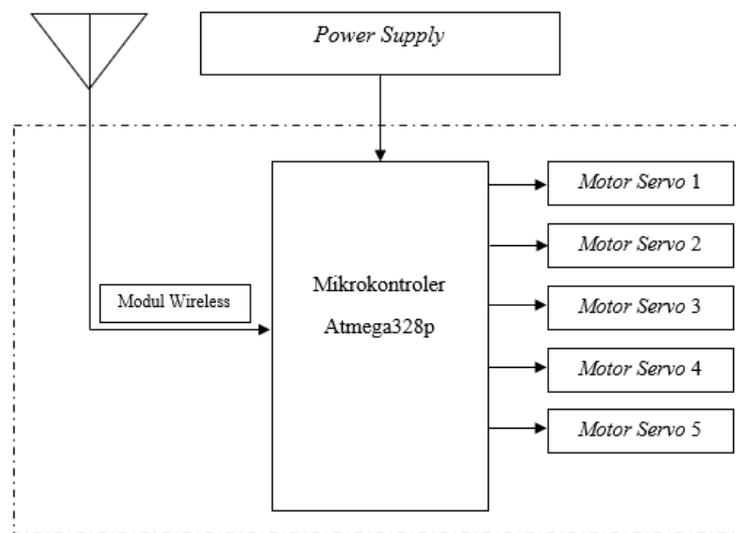
Pada percobaan kedua ini, motor *servo* yang digunakan hanya berjumlah lima buah. Keseluruhan motor *servo* tersebut digunakan untuk menggerakkan jari tangan, sehingga fungsi untuk menggerakkan pergelangan tangan ditiadakan. Hal ini dikarenakan untuk mengurangi beban keseluruhan tangan *prosthesis* dan juga untuk membuat tangan *prosthesis* lebih efisien dalam penggunaan daya.

Adapun komponen yang digunakan pada *prosthesis* percobaan kedua akan dijabarkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Komponen Tangan *Prosthesis* Percobaan Kedua

No	Nama	Spesifikasi	Volume
1	Mikrokontroler	Arduino Uno R3	1 buah
2	<i>Power</i>	PowerBank 10000 mAh	2 buah
3	Motor <i>Servo</i>	Motor <i>Servo</i> MG996R	5 buah
4	Modul Bluetooth	Modul HC-05	1 buah
5	<i>Dupont Cable</i>	Male - Male	15 buah
		Male – Female	6 buah
		Female - Female	2 buah
6	Tali	Kabel Tembaga	5 helai x 30 cm

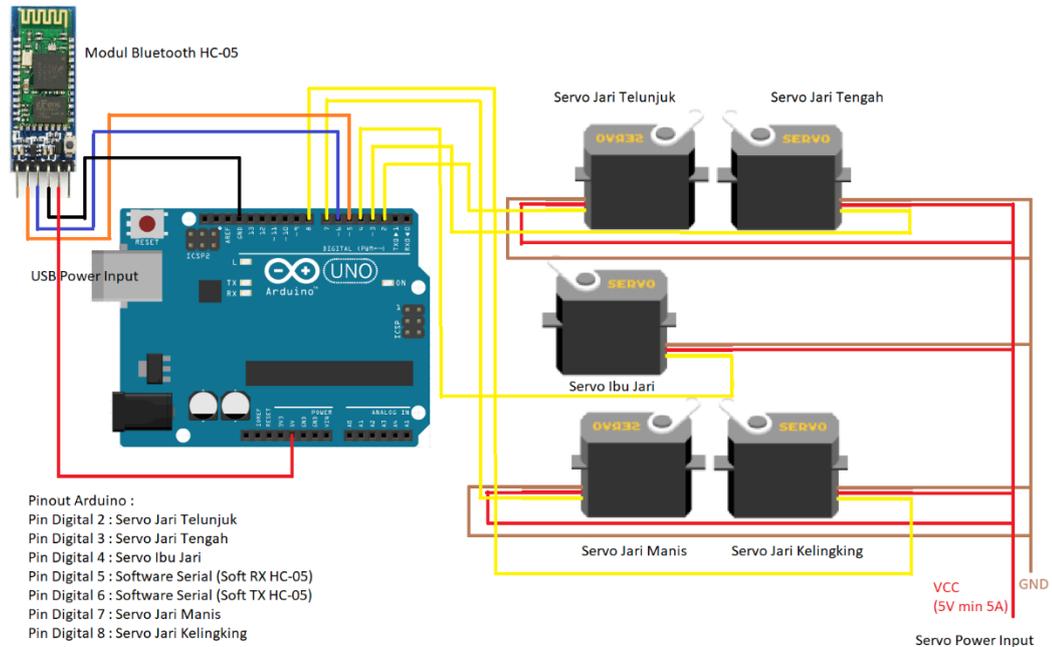
Tangan *prosthesis* percobaan kedua akan dibuat berdasarkan Block Diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Block Diagram* Tangan *Prosthesis* Percobaan Kedua

Gambar 3.13 menjelaskan bahwa motor *servo* hanya diperuntukkan untuk menggerakkan kelima jari tangan, potensiometer dan motor *servo* untuk menggerakkan pergelangan tangan telah dihilangkan dengan pertimbangan sesuai yang telah disebutkan sebelumnya.

Berdasarkan *block diagram* pada Gambar 3.13, maka dibuatlah skema rangkaian modul tangan *prosthesis* percobaan kedua yang ditunjukkan pada Gambar 3.14.

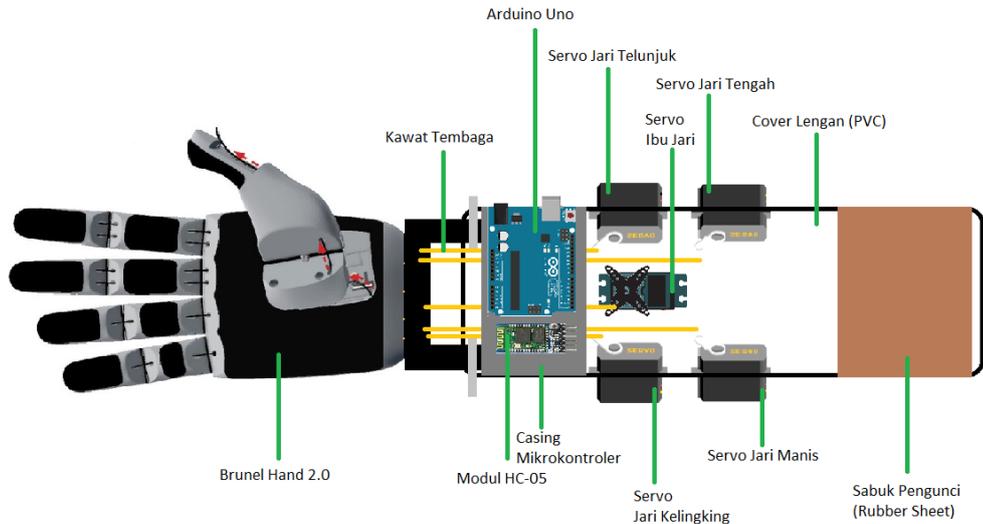


Gambar 3.14 Skema Rangkaian Tangan *Prosthesis* Percobaan Kedua

Adapun pada tangan *prosthesis* percobaan kedua, seluruh motor *servo* akan ditanam setengah *body* pada lengan yang dibuat dari pipa PVC 1.25 inch yang telah diperlebar pada bagian mulut pipa.

Berbeda dengan *prosthesis* percobaan pertama, pada percobaan kedua mikrokontroler dan *power supply* akan ditempatkan pada pergelangan tangan *prosthesis* dengan cara ditambahkan semacam casing yang diikat dengan gelang, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pemasangan kabel dan juga mengurangi kepadatan kabel, serta memperlancar pergerakan kawat tembaga sehingga pergerakan tangan *prosthesis* menjadi lebih lancar.

Layout peletakan modul tangan *prosthesis* pada percobaan kedua ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Layout* Modul Tangan *Prosthesis* Percobaan Kedua

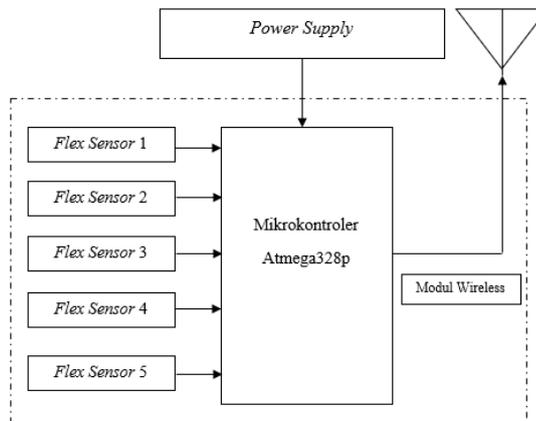
3.3.1.3 Pembuatan Transmitter Tangan *Prosthesis*

Tangan yang menjadi *transmitter* merupakan tangan yang mengirim sinyal ke tangan *prosthesis*. Yang berperan sebagai tangan *transmitter* dari tangan *prosthesis* ini adalah tangan yang tidak diamputasi. Untuk alasan kenyamanan pasien, *flex sensor* akan dipasangkan ke sarung tangan ketika digunakan oleh pasien. Adapun spesifikasi dari tangan *transmitter* akan ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Spesifikasi Tangan *Transmitter*

No	Nama	Spesifikasi
1	Mikrokontroler	Arduino Uno R3
2	Flex Sensor	Flex Sensor 4.5"
3	Modul Bluetooth	Modul HC-05
4	Power	5V 1A
5	Resistor	Resistor 10K Ohm dan 1K Ohm
6	Sarung Tangan	Sarung Tangan Generik

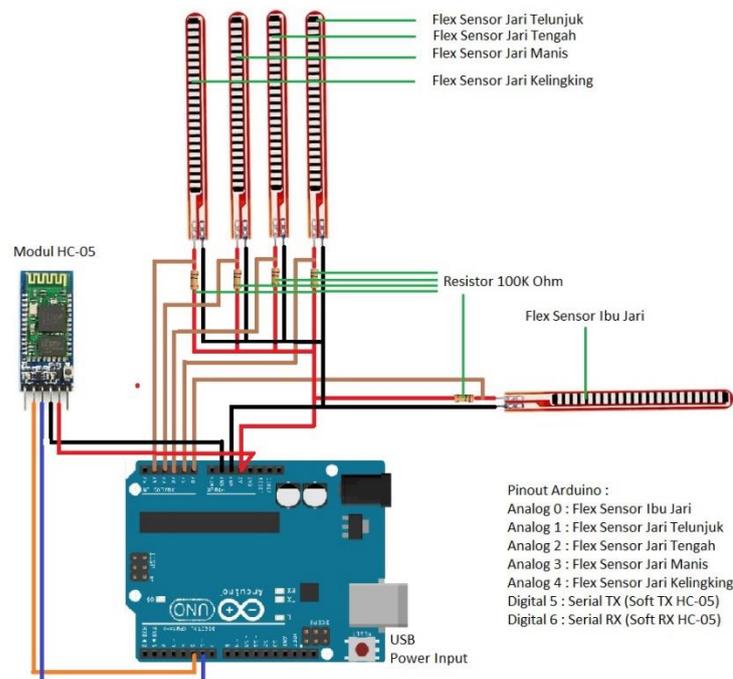
Modul tangan *transmitter* tersebut dibuat berdasarkan *block diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.16 *Block Diagram* Modul Tangan Transmitter

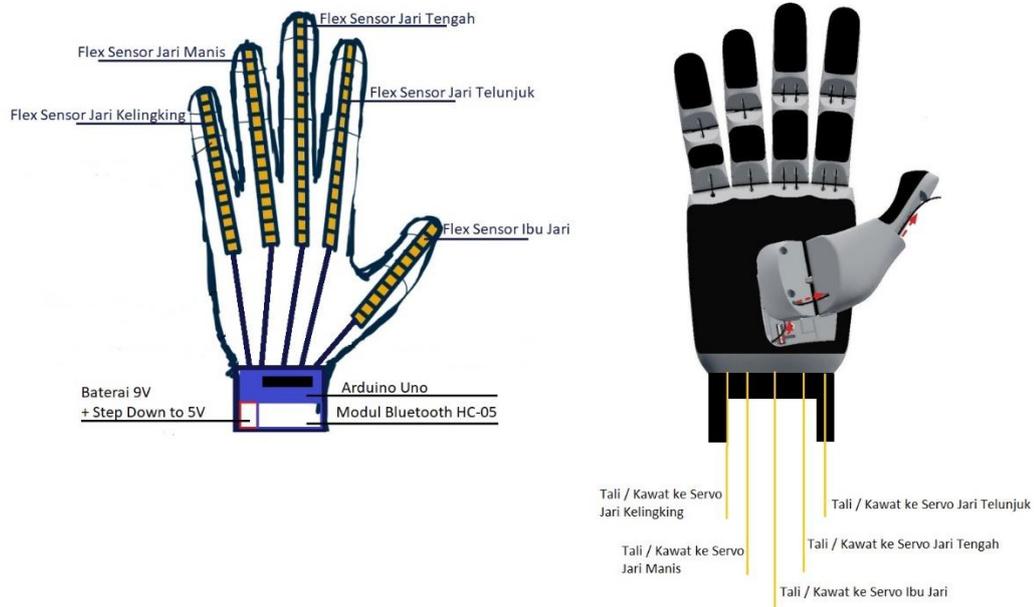
Pada Gambar 3.16 dijelaskan bahwa *flex sensor* akan menerima data berupa nilai/angka yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler berupa Arduino Uno. *Flex sensor* yang digunakan sebanyak lima buah, hal tersebut dicocokkan dengan jumlah lima jari tangan. Kemudian, data tersebut akan ditransmisikan ke modul *receiver* melalui modul HC-05.

Berdasarkan *block diagram* yang telah dibuat, maka didapatkan skema rangkaian tangan *prosthesis* yang ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Skema Rangkaian Modul Tangan Transmitter

Adapun *layout* penataan *flex sensor* dan juga mikrokontroler pada tangan *transmitter* ini ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 *Layout Instalasi Sensor di Tangan Transmitter*

3.3.1.4 Kalibrasi

Tahapan kalibrasi adalah tahapan untuk mengatur derajat putaran motor *servo* ketika mendapat nilai dari *flex sensor*. Hal ini digunakan untuk mengatur kesesuaian antara tangan *prosthesis* dan tangan *transmitter*. Besaran nilai *flex sensor* adalah 0 – 1023, sedangkan besaran putaran MG996R adalah 0 - 180 derajat. Kalibrasi dibutuhkan agar besar lengkungan tangan *transmitter* akan sesuai dengan banyaknya putaran yang dilakukan oleh *motor servo*.

Teknik kalibrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membaca nilai minimal dan maksimal dari *flex sensor*, kemudian akan disesuaikan dengan putaran dari motor *servo*. Kemudian motor *servo* akan menarik tali pancing/kawat tembaga yang dihubungkan ke tangan *prosthesis*, tali pancing ini lah yang akan menggerakkan jari-jari di tangan *prosthesis*.

3.3.2 Uji Coba (*Alpha Testing*)

Tahapan uji coba merupakan tahapan dimana produk tangan *prosthesis* akan diuji coba terkait fungsionalitas tangan *prosthesis*. Tahapan ini mencakup analisa *trial and error*, serta *alpha testing* produk. *Alpha testing* dilakukan pada produk yang paling mendekati tujuan penelitian. Penguji dalam tahapan *alpha testing* adalah internal dari *developer*. Rencana analisa *trial and error* akan ditunjukkan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Rencana Analisa *Trial and Error*

No	Masalah	Gambar	Solusi
1	Masalah 1	Gambar 1	Solusi 1
2	Masalah 2	Gambar 2	Solusi 2
3	Masalah 3	Gambar 3	Solusi 3

Analisa *trial and error* digunakan untuk mendapatkan produk yang paling sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah analisa *trial and error* dilakukan, maka pengujian akan dilanjutkan ke tahapan pengujian material, mekanikal, dan elektrik. Rencana pengujian material, mekanikal, dan elektrik ditunjukkan pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Rencana *Alpha Testing*

No	Komponen	Hasil		Catatan
		Ya	Tidak	
<i>Material Testing</i>				
1	Apakah tangan <i>prosthesis</i> mampu menahan beban hingga 3kg?			
2	Apakah tangan <i>prosthesis</i> mampu menahan suhu 100°C ?			
3	Apakah tangan <i>prosthesis</i> dapat terkena air?			
<i>Mechanical Testing</i>				
1	Ibu Jari dapat digerakkan.			
2	Jari telunjuk dapat digerakkan.			
3	Jari tengah dapat digerakkan.			

Tabel 3.12 Rencana *Alpha Testing* (Lanjutan)

No	Komponen	Hasil		Catatan
		Ya	Tidak	
4	Jari manis dapat digerakkan.			
5	Jari kelingking dapat digerakkan.			
6	Pergelangan tangan dapat digerakkan.			
<i>Electrical Testing</i>		Ya	Tidak	
1	Modul Arduino dapat menyala menggunakan <i>power supply portable</i> .			
2	Modul tangan <i>transmitter</i> dan <i>receiver</i> dapat terhubung melalui media <i>wireless</i> .			
3	Motor <i>servo</i> ibu jari menggerakkan ibu jari tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan tangan <i>transmitter</i> .			
4	Motor <i>servo</i> jari telunjuk menggerakkan jari telunjuk tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan tangan <i>transmitter</i> .			
5	Motor <i>servo</i> jari tengah menggerakkan jari tengah tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan tangan <i>transmitter</i> .			
6	Motor <i>servo</i> jari manis menggerakkan jari manis tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan tangan <i>transmitter</i> .			
7	Motor <i>servo</i> jari kelingking menggerakkan jari kelingking tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan tangan <i>transmitter</i> .			
8	Motor <i>servo</i> pergelangan menggerakkan pergelangan tangan <i>prosthesis</i> sesuai dengan <i>transmitter</i> .			

3.3.3 Evaluasi (*Beta Testing*)

Tahapan *beta testing* adalah tahapan dimana produk tangan *prosthesis* yang telah dirancang dan dibuat akan dimintakan penilaian diluar *developer*. Dalam hal ini yang berperan sebagai penguji adalah pemilik dari Praktik Mandiri Ortotik Prostetik IPOED yang berada di Sukoharjo. Komponen evaluasi *beta testing* ditunjukkan pada Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3.13 Rencana *Beta Testing*

No	Komponen	Hasil		Catatan
		Ya	Tidak	
Aspek Estetika				
1	Produk tangan <i>prosthesis</i> mirip dengan tangan asli			
2	Produk tangan <i>prosthesis</i> meningkatkan kepercayaan diri pasien.			
3	Produk tangan <i>prosthesis</i> memiliki dimensi yang sesuai dengan tangan pasien.			
Aspek Kenyamanan				
1	Sarung tangan <i>transmitter</i> nyaman digunakan.			
2	Tangan <i>prosthesis (receiver)</i> nyaman digunakan.			
3	Tangan <i>prosthesis</i> terpasang kuat ke bagian tangan yang diamputasi.			
4	Tangan <i>transmitter</i> dan tangan <i>receiver</i> tidak memiliki kebocoran arus listrik.			
5	Tangan <i>prosthesis</i> yang dipasang tidak melukai bagian tubuh.			
Aspek Fungsionalitas				
1	Jari telunjuk tangan <i>prosthesis</i> dapat digerakkan			
2	Jari tengah tangan <i>prosthesis</i> dapat digerakkan			
3	Jari manis tangan <i>prosthesis</i> dapat digerakkan			
4	Jari kelingkin tangan <i>prosthesis</i> dapat digerakkan			
5	Ibu jari tangan <i>prosthesis</i> dapat digerakkan			

Tabel 3.13 Rencana *Beta Testing* (Lanjutan)

No	Komponen	Hasil		Catatan
		Ya	Tidak	
6	Tangan <i>prosthesis</i> dapat menggerakkan pergelangan tangan.			
7	Tangan <i>prosthesis</i> dapat menggenggam benda.			
8	Tangan <i>prosthesis</i> dapat mengangkat benda.			
9	Tangan <i>prosthesis</i> dapat menarik benda.			
10	Tangan <i>prosthesis</i> dapat menahan benda.			