
RANCANG BANGUN TANGAN *PROSTHESIS* MENGGUNAKAN *FLEX SENSOR* DAN MODUL BLUETOOTH BERBASIS ARDUINO

Alpin Kurnia Putra (2016061037)

Program Studi Informatika, Fakultas Sains, Teknologi, dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta
Jl. Adi Sucipto No. 154, Jawa Tengah
www.usahidsolo.ac.id // alpheen.putra@gmail.com

ABSTRACT

One medical procedure taken to save a patient's life is amputation. The real consequence of amputation for patients is loss of limb function. Prosthesis is an artificial device that replaces body parts, usually in the form of hands, feet, and even organs in humans. This research aims to make a prosthetic hand to support the function of the lost arm in an amputee or a person with a disability under the elbow on condition that the person still has another hand that is still intact. This prosthesis hand works is with the concept of mirroring, which is when the patient's whole finger is moved, then the same finger on the prosthesis hand will also move. This research used trial and error methods. This prosthesis design used the Brunel Hand 2.0 model as prosthesis references. The concept of mirroring is applied by attaching the flex sensor to the patient's hand that is still intact, so that the values which read can be processed into movement on the fingers of the prosthesis. In this research, the prosthesis hand made has the disadvantage of less strong grip due to servo motor torque absorbed by the flexibility of the nylon rope, reading the value of the flex sensor that is too volatile and fast causing the servo motor to become noisy and wasteful of power, and the installation of the servo motor entirely in the body resulting in space to install the prosthesis hand becomes narrow.

Keywords : *Arduino, Flex Sensor, Prosthesis Hand.*

ABSTRAK

Salah satu tindakan medis yang diambil untuk menyelamatkan jiwa pasien adalah amputasi. Akibat nyata amputasi bagi pasien adalah kehilangan fungsi anggota gerak. *Prosthesis* adalah piranti artifisial pengganti bagian tubuh, biasanya berupa tangan, kaki, bahkan organ dalam manusia. Rancang bangun tangan *prosthesis* ini bertujuan untuk membuat tangan palsu untuk menunjang fungsi tangan yang hilang pada pasien amputasi ataupun penyandang tunadaksa bagian bawah siku dengan syarat orang tersebut masih memiliki tangan yang lain yang masih utuh. Cara kerja tangan *prosthesis* ini adalah dengan konsep *mirroring*, yaitu ketika jari tangan pasien yang utuh digerakkan, maka jari yang sama pada tangan *prosthesis* juga akan bergerak. Proses rancang bangun tangan *prosthesis* ini menggunakan metode *trial and error*. Penelitian ini menggunakan model Brunel Hand 2.0 sebagai model tangan. Konsep *mirroring* diterapkan dengan cara memasang *flex sensor* pada tangan pasien yang masih utuh, sehingga nilai yang terbaca dapat diolah menjadi pergerakan pada jari-jari tangan *prosthesis*. Pada penelitian ini tangan *prosthesis* yang dibuat memiliki kekurangan yaitu cengkeraman kurang kuat akibat torsi motor *servo* terserap oleh tingkat kelenturan tali nylon, pembacaan nilai *flex sensor* yang terlalu fluktuatif dan cepat menyebabkan motor *servo* menjadi bising dan boros daya, dan pemasangan motor *servo* seluruhnya didalam *body* mengakibatkan ruang untuk memasang tangan *prosthesis* menjadi sempit.

Kata Kunci : *Arduino, Flex Sensor, Tangan Prosthesis.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Terjadi 103.228 kasus kecelakaan lalu lintas dengan moda transportasi darat, dengan jumlah korban luka berat mencapai 14.395 orang pada tahun 2017 (Badan Pusat Statistik, 2018). Salah satu kerugian yang ditimbulkan oleh kecelakaan lalu lintas adalah luka berat yang memungkinkan korban kehilangan anggota tubuhnya, baik itu tidak disengaja (murni kecelakaan) ataupun disengaja (diamputasi). Dalam KBBI, amputasi adalah pemotongan (anggota badan), terutama kaki dan tangan, untuk menyelamatkan jiwa seseorang.

Apabila sepasang tangan yang biasa digunakan untuk menopang kehidupan sehari-hari harus diamputasi, bukan hanya estetika yang hilang, melainkan rasa percaya diri pun bisa terkubur karena tindakan amputasi tersebut. Kehilangan salah satu atau sebagian dari anggota tubuh, dapat menyebabkan *shock* meskipun pasien telah diberikan pengarahan atau konseling sebelum operasi. Solusi paling mudah untuk mengembalikan kepercayaan diri pasien adalah dengan memasang tangan *prosthesis*.

Berdasarkan fungsinya, tangan *prosthesis* dibagi menjadi dua, yaitu tangan *prosthesis* kosmetis dan fungsional. Tangan *prosthesis* kosmetis dapat mengembalikan bentuk tangan yang diamputasi, tetapi bagian tangan tersebut tidak fungsional. Sedangkan tangan *prosthesis* fungsional adalah tangan artifisial yang dapat digerakkan bagian tangannya, sehingga dapat mengembalikan fungsi tangan yang hilang. Salah satu tangan *prosthesis* fungsional adalah *body powered prosthetic hand*, tangan tersebut digerakkan menggunakan punggung pasien yang dihubungkan dengan beberapa tali untuk menggerakkan tangan *prosthesis*. Kelemahan dari tangan *prosthesis* jenis tersebut adalah kerumitan penggunaan dan ketidaknyamanan pasien.

Jenis tangan *prosthesis* fungsional lainnya adalah *prosthesis electromyogram (EMG)*. Tangan *prosthesis EMG* menggunakan elektroda untuk membaca aktivitas otot tangan dan mengubahnya

menjadi sinyal *myoelectric*. Kelemahan dari tangan *prosthesis* jenis ini adalah harganya yang relatif mahal. Selain itu, tidak semua pasien amputasi maupun tunadaksa dapat menggunakan tangan *prosthesis* jenis ini. Hal tersebut dikarenakan tidak semua pasien amputasi maupun tunadaksa memiliki otot yang cukup kuat untuk dibaca elektroda pada *EMG*.

Penelitian ini dibuat untuk merancang dan membangun sebuah tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul Bluetooth berbasis Arduino. Tangan *prosthesis* tersebut adalah tangan *prosthesis* fungsional yang dibuat dengan konsep *mirroring* dari tangan pasien yang masih utuh. Dengan kata lain, produk tangan *prosthesis* ini tidak dapat bekerja apabila kedua tangan pasien mengalami amputasi. Gerakan dari tangan pasien yang masih utuh dideteksi menggunakan *flex sensor* yang kemudian akan diolah oleh Arduino yang kemudian akan ditransmisikan ke masing-masing motor *servo* untuk menggerakkan jari-jari di tangan *prosthesis*. Dalam penelitian ini, media transmisi yang digunakan adalah media Bluetooth..

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan maka permasalahan dalam penelitian ini adalah “Bagaimanakah perancangan dan implementasi *flex sensor* dan modul Bluetooth pada tangan *prosthesis* berbasis Arduino ?”.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan dengan batasan masalah sebagai berikut :

- 1) Berfokus pada desain mekanik dan fungsi elektrik tangan *prosthesis*.
- 2) Model tangan yang digunakan adalah Brunel Hand 2.0 yang diperkecil dengan ukuran 95%.
- 3) Berfokus pada pembuatan *prosthesis* bawah siku.
- 4) Ditujukan pada pasien amputasi atau penyandang tunadaksa yang masih memiliki satu tangan dan berfungsi dengan baik.
- 5) Menggunakan proses *3D Printing* dengan material *Polyactic acid (PLA)*.

- 6) Estimasi beban yang dapat ditahan tangan *prosthesis* ini sekitar 3 kilogram.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* dan modul Bluetooth dan juga mengimplementasikan *flex sensor* dan modul Bluetooth pada tangan *prosthesis* berbasis Arduino.

2. PEMBAHASAN

2.1. Prosthesis

Dalam ilmu kesehatan, *prosthesis* adalah perangkat artifisial yang menggantikan bagian tubuh yang hilang akibat trauma, penyakit, atau kondisi kongenital (Vyawahare & Pardhi, 2017). Tangan *prosthesis* adalah tangan artifisial yang digunakan untuk menggantikan tangan atau sebagian dari tangan yang rusak, cacat, atau diamputasi.

Konsentrasi dari penelitian ini adalah pembuatan desain mekanik dan elektrik dari tangan *prosthesis*, sedangkan model tangan dan jari-jari tangan menggunakan model Brunel Hand 2.0. Model tersebut dibuat dan dipublikasikan oleh Open Bionics dan bersifat *open-source*. Gambar Brunel Hand 2.0 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Brunel Hand 2.0 by Open Bionics

2.2. Konsep Mirroring

Konsep *mirroring* adalah gambaran untuk mendeskripsikan pergerakan tangan *prosthesis* yang digerakkan melalui tangan pasien yang masih utuh. Konsep *mirroring* digunakan untuk pemasangan tangan *prosthesis* pada pasien amputasi yang tidak dapat menggunakan *prosthesis* jenis *electromyogram (EMG)* atau pasien amputasi yang merasa kesulitan ketika menggunakan tangan *prosthesis* jenis *body powered*.

Pada konsep *mirroring*, pergerakan jari tangan pasien yang masih utuh ditangkap melalui *flex sensor*, kemudian diolah oleh sebuah mikrokontroler yang kemudian data hasil pembacaan dikirim ke modul mikrokontroler tangan *prosthesis* melalui media *wireless*.

Pada saat data sudah diterima oleh modul mikrokontroler tangan *prosthesis*, data tersebut diolah kembali untuk menggerakkan motor *servo* yang kemudian akan menggerakkan jari-jari pada tangan *prosthesis*.

2.3. 3D Printing

3D Printing atau pencetakan tridimensi adalah proses manufaktur objek solid dengan cara membuat *layer per layer* hingga terbentuk sebuah objek tridimensi. Alat yang digunakan untuk mencetak tridimensi disebut *3D Printer*.

3D Printer adalah sebuah mesin yang mampu menciptakan objek fisik dari sebuah model digital tiga dimensi, yang mana cara kerjanya adalah dengan menumpuk *layer per layer* dari sebuah material, baik berupa *thermoplastic*, nylon, atau bahkan fiber (Putra, A.K, dkk, 2019).

2.4. Flex Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam hal sistem otomasi dan robotik, peranan sensor mirip dengan panca indra, dimana hasil deteksi akan diproses didalam mikrokontroler sebagai otaknya (Karim, 2013).

Dalam penelitian ini, yang berperan menjadi sensor adalah *flex sensor*. *Flex sensor* adalah sensor yang mengukur besaran dari lengkungan. Pada dasarnya, *flex sensor* adalah *resistor* analog. Besaran radius lengkungan dari *flex sensor* menghasilkan nilai resistansi dari sensor tersebut (Vyawahare & Pardhi, 2017).

2.5. Motor Servo

Motor *servo* merupakan salah satu jenis aktuator yang banyak digunakan dalam bidang industri atau robotika. Kemampuan motor *servo* dibatasi dengan beban maksimal yang sudah ditentukan pada masing-masing *servo* (Sumarsono & Saptaningtyas, 2018).

Motor *servo* yang digunakan adalah *servo* MG996R. Berdasarkan datasheet-nya, MG996R memiliki torsi sebesar 10kg/cm yang artinya memiliki kemampuan puntir dengan daya dorong sebesar 10kilogram per 1 cm jarak.

2.6. Flowchart

Flowchart adalah penyajian yang sistematis tentang proses dan logika dari kegiatan penanganan informasi atau penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan-urutan prosedur dari suatu program (Meita dan Sukadi, 2014).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dalam pembuatan Tugas Akhir “Rancang Bangun Tangan *Prosthesis* Menggunakan *Flex Sensor* dan Modul Bluetooth Berbasis Arduino” adalah sebagai berikut :

3.1. Metode Pengumpulan Data

Di dalam proses pengumpulan data terdiri dari beberapa metode yaitu :

1) Studi Literatur

Metode pengumpulan data dengan mempelajari literatur berupa buku-buku maupun karya tulis ilmiah yang serupa ataupun berkaitan dengan pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* maupun Arduino. Metode ini digunakan untuk mempermudah penyelesaian penelitian hingga penyusunan laporan.

2) Analisis Dokumen

Metode pengumpulan data dengan cara mencari dokumen, data, maupun media yang dianggap penting melalui artikel, jurnal, pustaka, brosur, buku, dokumentasi, serta melalui media elektronik yaitu internet, yang relevan dengan pembuatan tangan *prosthesis* menggunakan *flex sensor* maupun Arduino.

3) Metode *Trial and Error*

Metode pengumpulan data dengan melakukan percobaan berulang dan variatif hingga mendapatkan hasil yang diinginkan. Dalam penelitian ini, metode *trial and error* digunakan untuk menyempurnakan hasil dari percobaan pembuatan *prosthesis*.

3.2. Alur Penelitian

Metode pengembangan yang digunakan pada Tugas Akhir “Rancang Bangun Tangan *Prosthesis* Menggunakan *Flex Sensor* dan Modul Bluetooth Berbasis Arduino” adalah metode *Trial and Error*. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dijalankan dengan tahapan berikut :

1) Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini, ditentukan bahwasanya produk tangan *prosthesis* diperuntukkan kepada pasien amputasi atau penyandang tunadaksa dengan syarat puntung tangan (*stump*) berada dibawah siku dan pasien amputasi atau penyandang tunadaksa masih memiliki satu tangan yang sehat dan utuh.

Tangan *prosthesis* yang dibuat juga merupakan tangan *prosthesis* fungsional, artinya jari-jari tangan *prosthesis* dapat digerakkan kelimanya dan dapat digunakan untuk menopang fungsi tangan yang hilang.

2) *Prototyping Product*

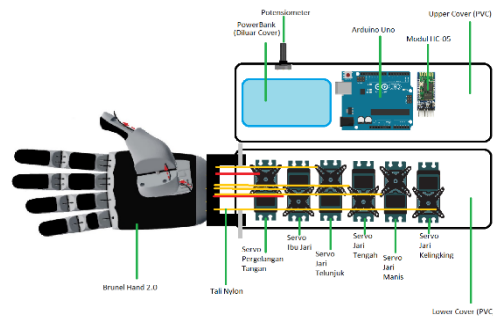
Tahapan ini menjelaskan langkah-langkah dalam proses pembuatan *prototype*. Adapun langkah-langkah dalam tahapan ini adalah :

a) 3D Printing

Pada tahapan ini, objek Brunel Hand 2.0 akan dicetak dengan ukuran 95% dari model asli. *Thermoplastic* yang digunakan dalam proses ini adalah *Polyactic acid (PLA)*. Pengaturan dasar yang digunakan dalam proses ini adalah tingkat kepadatan sebesar 60%, tinggi *layer* 0.2mm, dan pengaturan temperatur *nozzle* 205°C.

b) Pembuatan Tangan *Prosthesis*

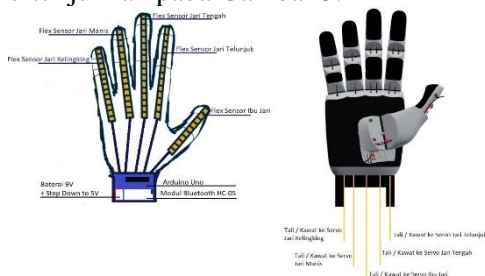
Pada tahapan ini, Brunel Hand 2.0 yang telah dicetak akan dirakit dan dihubungkan dengan lengan *prosthesis*. Adapun rancangan tangan *prosthesis* yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Tangan *Prosthesis*

c) Pembuatan Tangan *Transmitter*

Tahapan ini menunjukkan proses pembuatan tangan *transmitter*, yaitu sensor yang dipasang pada tangan pasien yang masih sehat. Tangan *transmitter* ini menggunakan *flex sensor* dan Arduino Uno beserta modul Bluetooth HC-05 sebagai media transmisi data. Adapun rancangan tangan *transmitter* yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Tangan *Transmitter*

d) Kalibrasi

Pada tahapan ini dilakukan penyesuaian dengan cara membaca nilai minimal dan nilai maksimal dari *flex sensor* yang terpasang di masing-masing jari tangan.

Kalibrasi diperlukan untuk menyesuaikan gerak jari tangan asli dengan gerak jari tangan *prosthesis*. Tahapan kalibrasi ini menjadi kunci penggunaan konsep *mirroring* pada tangan *prosthesis* dalam penelitian ini.

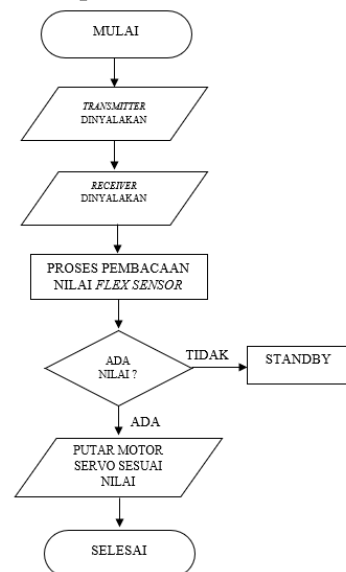
3) Pengujian *Alpha* (*Alpha Testing*)

Setelah tangan *prosthesis* dan tangan *transmitter* dibuat, maka dilakukanlah pengujian oleh pengembang sendiri. Tahapan ini akan menguji fungsionalitas tangan secara menyeluruh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

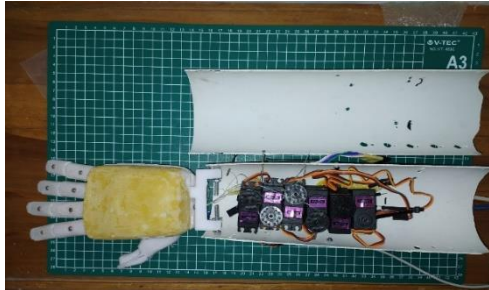
Rancang bangun tangan *prosthesis* ini menghasilkan sebuah tangan *prosthesis* yang bekerja dengan cara menirukan tangan pasien yang masih utuh. Adapun diagram alir dari produk yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Produk Tangan *Prosthesis*

4.2. Implementasi Tangan *Prosthesis*

Hasil 3D Printing dan pemasangan modul mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 5.



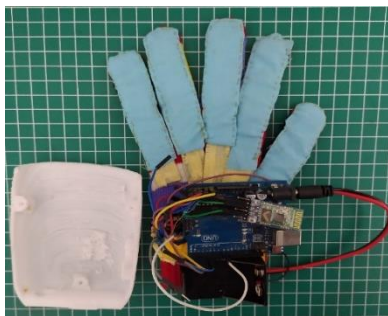
Gambar 5. Hasil Pembuatan Tangan *Prosthesis*

Tangan *Prosthesis* yang dibuat ditujukan untuk pasien amputasi bawah siku, dengan kelima jari yang dapat digerakkan.

Jari jari tangan *prosthesis* tersebut digerakkan oleh motor *servo* yang terpasang pada bagian dalam tangan. Sedangkan sinyal yang mengatur motor *servo* dikirimkan oleh flex sensor melalui modul Bluetooth yang terpasang dengan mikrokontroler Arduino UNO.

4.3. Implementasi Tangan *Transmitter*

Tangan *transmitter* yang dibuat adalah sarung tangan beserta modul mikrokontroler dengan flex sensor yang digunakan untuk membaca tingkat kelengkungan jari. Nilai pembacaan tersebut kemudian akan dikirimkan ke modul tangan *prosthesis* melalui media Bluetooth yang kemudian nilai pembacaan tersebut akan diolah untuk menggerakkan motor *servo*. Sehingga besaran rotasi motor *servo* akan sama besar dengan nilai yang ditunjukkan *flex sensor*. Hasil pembuatan tangan *transmitter* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pembuatan Tangan *Transmitter*

4.4. Kalibrasi

Hasil kalibrasi dari *flex sensor* yang dipasangkan ke tangan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi

No	ID Sensor	Nilai Sensor		Rotasi Servo	
		Min	Max	Min	Max
1	Flex	1023	880	0	180
	Telunjuk				
2	Flex	1023	650	0	180
	Tengah				
3	Flex	980	700	0	180
	Manis				
4	Flex	980	500	0	180
	Kelingking				
5	Flex Ibu	850	725	0	180

Hasil kalibrasi pada Tabel 1 digunakan untuk menyesuaikan gerakan antara tangan pasien yang sehat dan gerakan tangan *prosthesis*

Tabel kalibrasi tersebut, kemudian akan digunakan untuk mengkalibrasi tangan *prosthesis* pada baris kode yang ditunjukkan pada Gambar 7.

```
vflexIbu = map(data1, 850, 725, 0, 180);
vflexTelunjuk = map(data2, 1023, 880, 0, 180);
vflexTengah = map(data3, 1023, 650, 0, 180);
vflexManis = map(data4, 980, 700, 0, 180);
vflexKelingking = map(data5, 980, 500, 0, 180);
// vflex(jari) = map(data n, min.flex, max.flex, min.servo, max.servo)
```

Gambar 7. Baris Kode Kalibrasi

4.5. Pengujian

Pada penelitian ini, metode pengujian yang digunakan adalah *alpha testing*, yaitu pengujian yang dilakukan oleh *developer*. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Komponen Pengujian	Pernyataan	Hasil	
			Ya	Tidak
1	Pengujian Material	Tangan <i>Prosthesis</i> mampu menahan beban 3KG.	✓	
		Tangan <i>Prosthesis</i> mampu bertahan di suhu 100°C.		✓
		Tangan <i>Prosthesis</i> mampu bertahan apabila tergujur air.		✓
2	Pengujian Mekanikal	Ibu jari dapat digerakkan.	✓	
		Jari telunjuk dapat digerakkan.	✓	
		Jari tengah dapat digerakkan.	✓	
		Jari manis dapat digerakkan.	✓	
		Jari kelingking dapat digerakkan.	✓	
		Pergelangan tangan dapat digerakkan naik dan turun.	✓	
3	Pengujian Elektrikal	Tangan <i>prosthesis</i> dapat berfungsi menggunakan catu daya <i>portable</i> .	✓	
		Modul <i>transmitter</i> dan <i>receiver</i> dapat terhubung melalui media nirkabel.	✓	
		Motor <i>servo</i> ibu jari menggerakkan ibu jari tangan <i>prosthesis</i> .	✓	
		Motor <i>servo</i> jari telunjuk menggerakkan jari telunjuk tangan <i>prosthesis</i> .	✓	
		Motor <i>servo</i> jari tengah menggerakkan jari tengah tangan <i>prosthesis</i> .	✓	
		Motor <i>servo</i> jari manis menggerakkan jari manis tangan <i>prosthesis</i> .	✓	
		Motor <i>servo</i> jari kelingking menggerakkan jari kelingking tangan <i>prosthesis</i> .	✓	
		Motor <i>servo</i> jari kelingking menggerakkan pergelangan tangan <i>prosthesis</i> .	✓	

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa tangan *prosthesis* mampu menahan beban hingga 3kg. Selain itu, kelima jari tangan *prosthesis* dan satu pergelangan tangan dapat digerakkan dengan motor *servo*.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari Rancang Bangun Tangan *Prosthesis* Menggunakan *Flex Sensor* dan Modul Bluetooth Berbasis Arduino ini adalah :

- 1) Tingkat kelenturan tali nylon yang terlalu tinggi sehingga membuat torsi motor *servo* pada jari tangan berkurang.
- 2) Peletakan motor *servo* yang terlalu banyak pada *body* tangan *prosthesis* sehingga tangan *prosthesis* kekurangan ruang untuk pemasangan ke pasien.
- 3) Perubahan nilai *flex sensor* yang terlalu fluktuatif dan cepat sehingga menyebabkan motor *servo* menjadi berisik dan boros daya.
- 4) Tangan *prosthesis* dapat digerakkan kelima jari tangan dan juga pergelangan tangannya, pergerakan yang dilakukan sesuai dengan tangan *transmitter*.

Daftar Pustaka

1. Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Transportasi Darat 2017*. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
2. Karim, S. (2013). Sensor dan Aktuator (Vol. I). Jakarta : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
3. Meita R dan Sukadi, 2014, *Sistem Informasi Penggajian Karyawan pada Commenditaire Vennontshap (CV) RGL Bordir dan Konveksi Pacitan*.
4. Putra, A.K., Fidiyanto, F., Prakoso, B., Armantya, R.Z., Sandi, M.K., Saputro, F.H. (2019). Perakitan 3D Printer Fused Deposite Modelling (FDM) Berbasis Arduino Mega 2560. *Gaung Informatika*, XII(2), 123-133.
5. Sumarsono & Saptaningtyas, D.W. (2018). Pengembangan Mikrokotroler Sebagai Remote Control Android. *Jurnal Teknik Informatika*, 67-74.
6. Vyawahare, V., & Pardhi, D. (2017). Design of Prosthetic Arm Using Flex Sensor. *International Journal of Electronics and Communication Engineering and Technology (IJECE)*, 1 – 6.

