Alat Terapi Gerak Jari Tangan untuk Pasien dengan Cedera Plexus Brachialis

Lanny Agustine[1], Oscar Setiawan[2], dan Andrew Joewono[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
Jl. Kalijudan No. 37, Surabaya, telp. 031 389 3933
[1]e-mail: lanny_agustine@yahoo.com

Abstract

People with damaged or injured plexus brachialis need immediate therapy after the surgery, as an effort to restore the nerves function, even thou it is hard to achieve. But, continuous treatment may prevent the muscle to become stiff and shrink. So, patient needs assistive device to be used at home for regular self therapy.

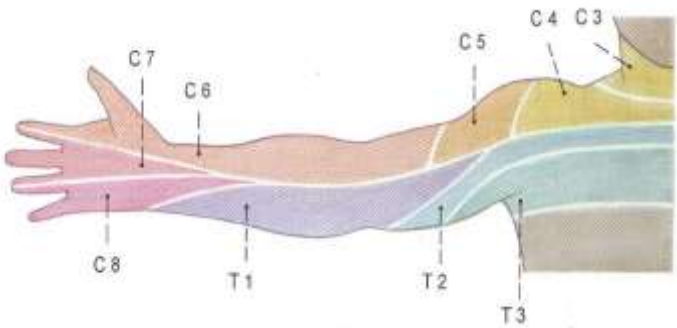
Physical therapy method was chose to be developed in this research because of lower risk than electrical therapy. This assistive device is designed in two modes, manual and automatic, and it is limited to fingers movement of adult's right hand. Manual mode is focusing to 1 finger movement, while automatic mode will move the five fingers consecutively. The movement procedure is imitated those given in the clinic, by controlling the speed and angle rotation of a dc servo motor and certain design of lever for each finger.

This assistive device works effectively for a certain fingers size. It takes 5.29 sec to finish one cycle in automatic mode, and about 2 sec in manual mode. The degree of finger movement yield by the device is about 20 degree less than finger maximum ROM for MCP and PIP joint of index finger, pinky, and thumb.

***Keywords**: device, physical, therapy, finger, movement*

1. Pendahuluan

Umumnya putusnya *plexus brachialis* terjadi pada bayi akibat kesalahan penanganan saat proses kelahiran. Namun pada orang dewasa hal ini juga mungkin terjadi misalnya akibat kecelakaan. Penderita putusnya *plexux brachialis* pasca operasi penyambungan saraf membutuhkan terapi untuk memulihkan kinerja sarafnya kembali. [1,2,3] Dua dari berbagai metode terapi yang dapat diberikan yaitu dengan cara dialiri listrik konstan dan latihan fisik. [4,5] Metode terapi dengan dialiri listrik konstan menggunakan tegangan ac dalam orde mikro volt yang dialirkan melalui elektroda menuju titik saraf yang telah disambung kembali melalui tindakan operasi.



Gambar 1. Segmentasi syaraf *Plexux Brachialis* dari permukaan kulit [6,7]

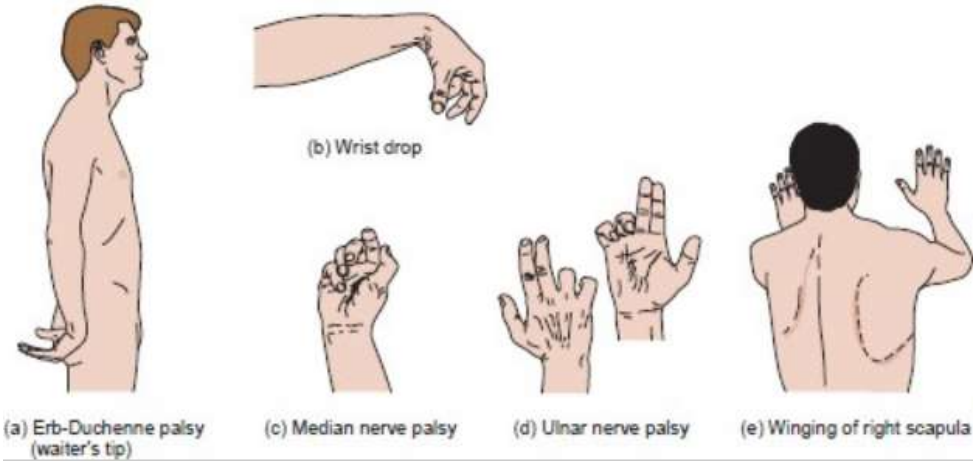
Diterima 25 Juli 2016; Direvisi 20 Agustus 2016; Disetujui 8 September 2016

Kejut listrik diberikan dengan tujuan menstimulus bagian saraf yang menggerakkan otot tangan, lengan, hingga ke jari tangan pasien yang terdampak. Sedangkan metode terapi latihan fisik dilakukan dengan menggerakkan bagian-bagian lengan dan tangan pasien sehingga diharapkan dapat menstimulus saraf C6, C7, dan C8, dengan posisi seperti pada Gambar 1, untuk bekerja/beraktifitas seperti normal kembali. [1,3] Kedua metode terapi tersebut dalam pelaksanaannya di klinik dibantu oleh terapis. Makin sering dilatih, maka memungkinkan makin cepat menuju kesembuhan. Sehingga akan sangat membantu bila pasien bisa latihan secara mandiri diluar sesi latihan dengan terapis. Dari kedua metode terapi yang ada, terapi fisik lebih aman jika dikembangkan untuk latihan mandiri pasien di luar klinik.

Pada penelitian ini, alat yang dibuat ditujukan untuk membantu pasien dewasa melakukan terapi fisik secara mandiri pasca operasi penyambungan kembali saraf *plexus brachialis*. Pasca operasi penyambungan kembali saraf *plexus brachialis*, kondisi tangan pasien dapat berbeda-beda, bergantung pada posisi syaraf yang putus. Sehingga bagian yang diterapi serta gerakan terapinya pun dapat berbeda-beda. Pada penelitian ini, alat ditujukan untuk memberi terapi gerakan pada ke-5 jari tangan di 1 sisi lengan untuk menekuk dan meregang secara bergantian dan periodik disesuaikan dengan urutan metode terapi fisik di klinik, dan dengan asumsi jari-jari tangan dalam kondisi lemas. Agar alat bantu terapi ini dapat berfungsi sesuai dengan tujuan, maka alat terapi ini harus dapat menyangga dan menggerakkan jari-jari tangan orang dewasa dengan pola gerakkan menekuk dan meregang. Disamping itu, faktor keamanan dan kenyamanan, serta kemudahan penggunaan juga menjadi pertimbangan desain. Sehingga alat tersebut dapat digunakan pasien secara mandiri di luar sesi latihan di klinik.

1.1. *Plexus Brachialis*

Serabut saraf yang berasal dari sumsum tulang belakang melalui leher menuju ke ketiak (wilayah ketiak) dan ke lengan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, disebut juga *plexus brachialis*. Sinyal listrik dari otak melintasi serabut saraf tersebut untuk mengontrol gerakan otot dan sensasi di lengan dan tangan.



Gambar 2 Kondisi Tubuh Efek Cedera *Plexus Brachialis* [6,7]

Cedera *plexus brachialis* dapat berakibat pada kelemahan bahkan kelumpuhan. Demikian pula, pasien yang telah melalui penyambungan kembali *plexus brachialis* yang putus juga masih tetap mengalami kelumpuhan. Kondisi kelumpuhan dan bagian tangan pasien yang terdampak dapat berbeda-beda, bergantung pada posisi syaraf yang putus. [7] Pada Gambar 2 dapat dilihat berbagai kondisi tubuh pasien yang terdampak cedera/putusnya *plexus brachialis*. Namun dengan melalui proses terapi maka kondisi kelumpuhan tersebut dapat diatasi, walaupun untuk kembali normal 100% belum memungkinkan saat ini. Metode terapi yang dapat dilakukan ada dua yaitu dengan diberi kejut listrik dan latihan fisik. Kedua metode

terapi tersebut ditujukan untuk menstimulus agar syaraf yang cedera dan sudah tersambung tersebut dapat bekerja kembali.

1.2. Metode terapi fisik

Pada penelitian ini, yang ditiru adalah metode terapi fisik. Terapi fisik ditujukan untuk membantu menggerakkan bagian tangan, lengan, dan jari-jari yang mengalami kelumpuhan. Tujuan utama terapi fisik adalah: [3]

1. mencegah terjadinya kaku otot serta perubahan posisi tangan akibat kaku otot atau sendi,
2. mengurangi rasa nyeri,
3. serta diharapkan dapat mengembalikan kinerja *somato-sensory*.

Terapi fisik bahkan perlu diberikan segera setelah selesai proses operasi untuk memberikan hasil yang lebih optimal. Karena tindakan operasi saja masih belum dapat memberikan hasil optimal sehingga baru 50% pasien pasca operasi dapat kembali bekerja. [4]

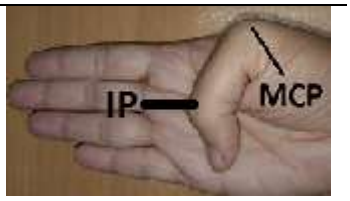
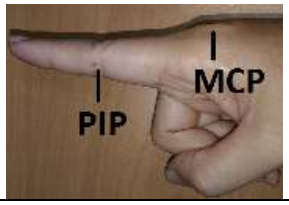
Pada metode ini, ada berbagai gerakkan untuk posisi yang berbeda mulai dari bahu, lengan atas, siku, pergelangan tangan, hingga jari tangan. Perbedaan tersebut bergantung pada bagian dan kondisi lengan yang terdampak. Gerakan pada metode terapi fisik yang akan ditiru dalam pembuatan alat yaitu *finger flexion and extension* atau gerakan menekuk dan meregangkan jari-jari tangan, dapat dilihat pada Gambar 3, untuk pasien dewasa. Pola ini ditujukan bagi pasien yang mengalami *median nerve palsy* yang mengakibatkan ke-5 jari lengannya mengalami kelumpuhan sehingga menjadi lemah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.c.



Gambar 3. Metode Terapi Fisik pada Jari Tangan [7]

Gerakan terapi yang diberikan pada jari hingga mencapai sudut gerak maksimal dari jari-jari tangan saat fleksi maupun ekstensi. Secara umum batas maksimal sudut gerak jari-jari tangan (ROM/*range of movement*) yang akan diacu pada gerak alat terbatas pada sendi-sendi pada Table 1.[8]

Tabel 1. Batasan gerak sendi pada jari tangan

Sendi	Gerakan	Batas max ROM (derajat)	Posisi sendi
Jempol (MCP)	Fleksi	50	
	Ekstensi	20	
Jempol (IP)	Fleksi	80	
	Ekstensi	0	
Jari (MCP)	Fleksi	90	
	Ekstensi	45	
Jari (PIP)	Fleksi	100	
	Ekstensi	0	

Keterangan: Metacarpophalangeal (MCP), Proximal Interphalangeal (PIP), Interphalangeal (IP)

Seiring dengan perkembangan teknologi, terapi fisik pun telah umum dilakukan dengan menggunakan alat bantu. Alat bantu terus dikembangkan sehingga dapat mempermudah pasien dalam melakukan terapi fisik. Fokus pengembangan alat bantu terapi tersebut terutama untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan, serta efektifitas terapi yang diberikan. Dalam segi kenyamanan, bentuk alat bantu dikembangkan menjadi alat yang *wearable*, sehingga dapat dipakai di tubuh dengan nyaman. Dalam segi keamanan, misalnya dengan menambahkan *sensing* terhadap sinyal listrik otot yang dapat direkam. Sistem *sensing* tersebut digunakan untuk menghasilkan sistem kontrol terhadap sudut dan kecepatan gerak serta kapan alat berhenti bekerja dengan efektif sesuai kondisi bagian tubuh yang diberi terapi. [2,9]

2. Metode Penelitian

Alat bantu terapi gerak jari pada penelitian ini didesain dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kondisi jari tangan yang dapat ditangani alat yaitu mengalami *median nerve palsy* (Gambar 2.c) namun jari masih dalam kondisi lemas.
- Ukuran jari tangan yang cocok untuk prototip alat ini adalah sesuai ukuran desain selubung jari (diameter 5/8", panjang ibu jari 8cm, jari telunjuk dan jari manis 9cm, jari tengah 9,5cm, jari kelingking 8cm).
- Prototip yang telah direalisasikan ini ditujukan untuk terapi gerak jari-jari tangan kanan.
- Meregangkan tiap jari (posisi *extension*) sehingga sendi jari membentuk sudut 180^o lalu menekuk (posisi *flexion*) jari tersebut hingga maksimal, dilanjutkan dengan meregangkan (posisi *extension*) kembali jari tersebut ke posisi semula. Ini disebut 1 siklus gerakan terapi (*extension-flexion-extension*) untuk 1 jari. [7]



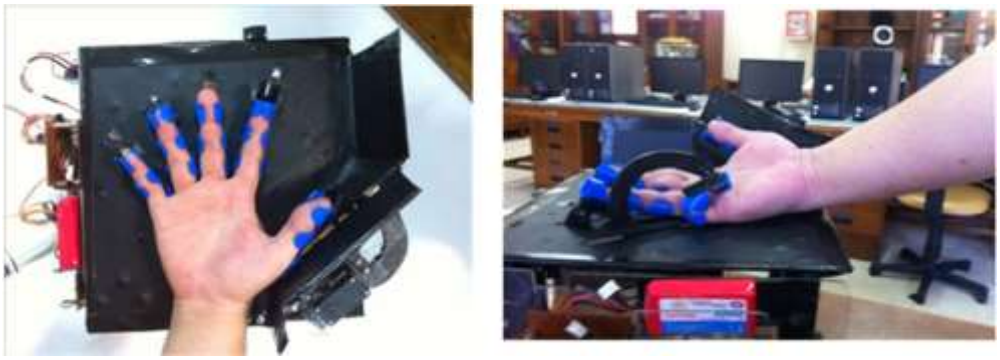
(a) (b)

Gambar 4. Posisi jari tangan pada tujuan output alat

Gambar 4.a menunjukkan posisi jari pada alat saat sebelum alat dioperasikan, maka ke-5 jari diregangkan, sedangkan saat dioperasikan alat akan mendorong jari secara bergantian hingga menekuk seperti contoh posisi Gambar 4.b.

2.1. Desain konstruksi alat dan bagian penunjang

Pada alat ini, masing-masing jari diletakkan pada selubung dari bahan selang air dengan diameter 5/8" sebagai penyangga jari, seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7, dan juga sebagai bantalan tuas pendorong. Pelindung jari ini, didesain sesuai ukuran ruas-ruas tulang jari pengguna, seperti pada Gambar 7.a, dan punya kekakuan yang cukup sehingga masih dapat dilekukkan oleh dorongan tuas, dan secara elastis pelindung tersebut kembali lurus saat tuas tidak mendorong jari, sehingga jari yang lemas dapat kembali ke posisi teregang.



(a) (b)

Gambar 6. Posisi jari pada alat, a. posisi awal semua jari teragang, b. posisi menekuk jari kelingking



(a) (b)

Gambar 7. Model pelindung jari, a. rancangan pelindung jari, b. contoh saat digunakan

Pada Gambar 6 juga terlihat untuk menekuk jari telunjung hingga kelingking dibutuhkan dorongan vertikal terhadap permukaan alat, sedangkan berdasarkan anatomi posisi ibu jari, maka membutuhkan dorongan horizontal, sehingga mempengaruhi posisi peletakkan tuas dan motor pada rangka alat.

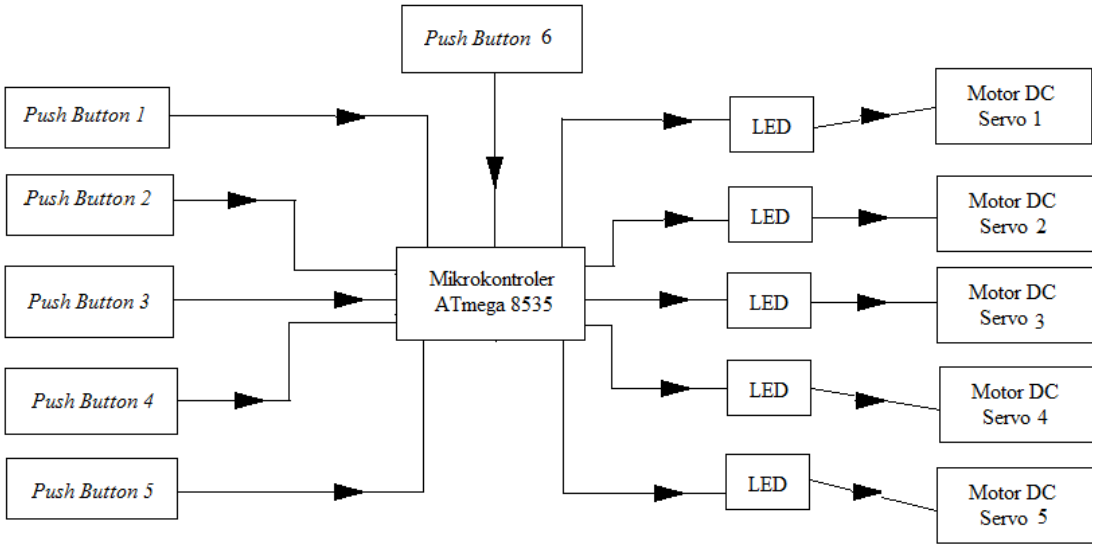
2.2. Desain bagian elektronik dan mekanik

Diagram blok alat dapat dilihat pada Gambar 8. Tiap jari akan digerakkan oleh 1 buah motor DC servo. Ibu jari akan digerakkan oleh motor DC servo 1, dan selanjutnya hingga jari kelingking akan digerakkan oleh motor DC servo 5. Setiap motor DC servo tersebut dihubungkan ke 1 jalur input pada mikrokontroler ATMega 8535, sebagai pusat kontrol gerak ke-5 motor tersebut. Kinerja motor dapat diamati dari 5 indikator LED. Alat didesain dengan 2 mode operasi berdasarkan penekanan penekanan *push button*. Detail kinerja sistem, berdasarkan blok diagram, dijelaskan sebagai berikut:

- *Push button* 1-5: mode manual. Mode ini ditujukan untuk melatih jari tertentu yang membutuhkan latihan lebih banyak. Penekanan *push button* 1 hanya akan menstimulus gerak motor DC 1 untuk menghasilkan 1 siklus gerak terapi untuk ibu jari, yaitu ibu jari yang awalnya teregang (*extension*) akan didorong hingga menekuk (*flexion*), lalu kemudian ditarik hingga teregang (*extension*) kembali. Sedangkan PB 2 tehubung dengan motor DC servo 2 untuk jari telunjuk, PB 3 terhubung dengan motor DC servo 3 untuk jari tengah, PB 4 terhubung dengan motor DC servo 4 untuk jari manis, dan PB 5 terhubung dengan motor DC servo 5 untuk jari kelingking.
- *Push button 6* digunakan untuk mode otomatis. *Push button* 6 cukup ditekan 1 kali untuk menghasilkan 1 siklus gerakan terapi teregang-menekuk-teregang untuk ibu jari, kemudian berpindah ke jari telunjuk dan seterusnya hingga jari kelingking.
- Sistem minimum berbasis mikrokontroler ATMega8535 berfungsi untuk mengolah input perintah dari keenam *push button* dan mengontrol urutan, arah gerak, dan kecepatan gerak motor DC servo sesuai dengan pola gerak yang direncanakan. Untuk

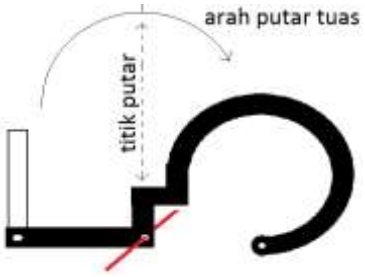
menghasilkan besar tekanan pada jari yang diinginkan digunakan motor DC servo dengan torsi 11kg/cm.

- Catu daya dari baterai 12V untuk motor DC servo, dan catu daya 5V (diperoleh dari catu daya tersendiri yang diregulasi ke 5V) untuk sistem minimum mikrokontroler. Pada alat ini, catu daya ke-5 motor terpisah dari catu daya ke sistem minimum mikrokontroler untuk menjaga kestabilan sistem, sehingga digunakan 2 buah baterai.



Gambar 8. Diagram blok alat

Setiap motor DC servo juga dihubungkan dengan sebuah tuas yang bentuknya seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Seperti ditunjukkan pada Gambar 6.b, bagian lengkung dari tuas tersebut yang akan muncul ke permukaan alat untuk mendorong dan menekan jari hingga menekuk. Sedangkan motor DC servo dihubungkan pada ujung lain dari tuas. Arah dan sudut putar motor yang membuat tuas menghasilkan posisi menekuk pada jari, yang diletakkan diatas permukaan alat. Dan, arah putar motor sebaliknya akan membuat tuas kembali ke bawah permukaan alat, dan menarik jari kembali pada posisi teregang.



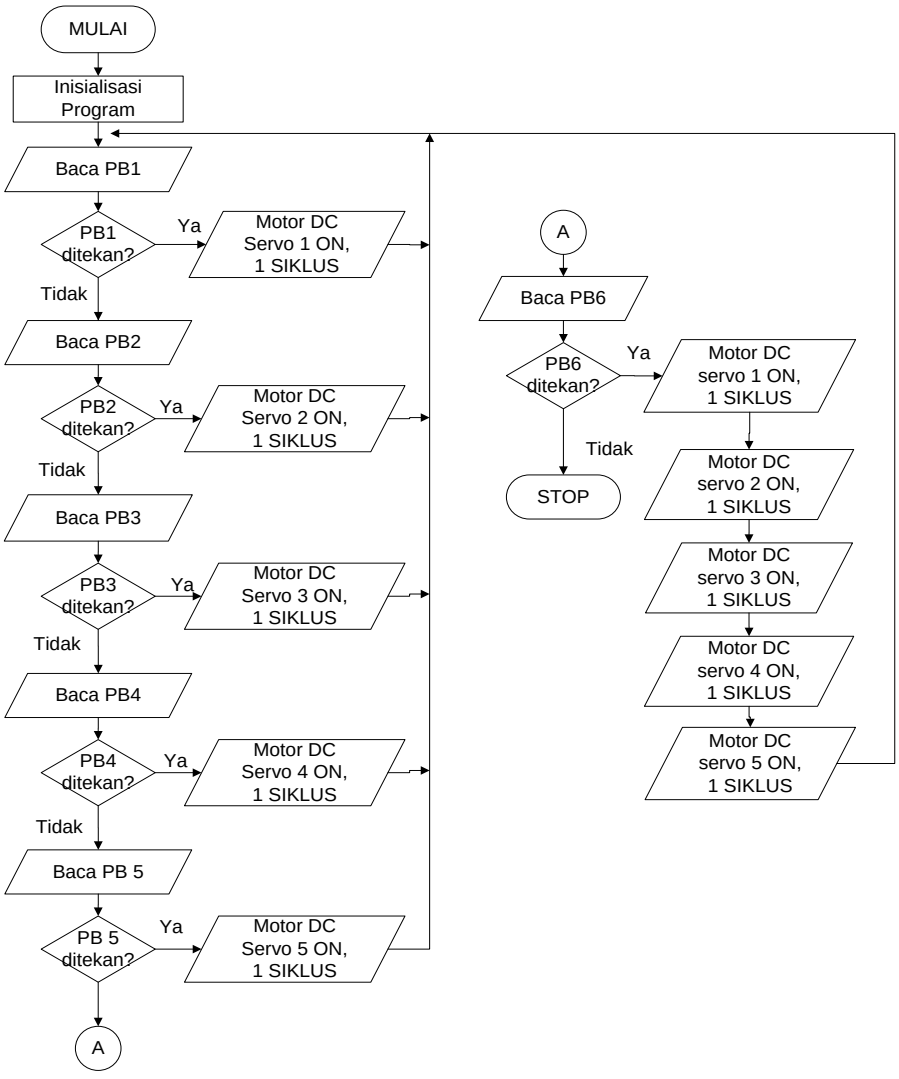
Gambar 9. Model tuas pendorong jari

2.3. Desain perangkat lunak

Perangkat lunak digunakan untuk memprogram mikrokontroler untuk membaca penekanan tombol-tombol dan mengontrol gerak motor DC servo sesuai mode, sudut gerak, dan kecepatan gerak motor. *Flowchart* perangkat lunak, seperti ditunjukkan pada Gambar 10, menunjukkan urutan kerja mikrokontroler.

Sumber daya alat diperoleh dari 2 buah baterai. Saat alat terhubung ke kedua sumber daya, maka alat dalam posisi *stand by* menunggu penekanan salah 1 *push button* (PB 1 s/d PB 6) untuk memicu kerja motor DC servo. Saat mikrokontroler membaca penekanan PB 1/PB

2/PB 3/ PB 4/ PB5, maka motor DC servo yang terhubung dengan *push button* akan berputar dan mendorong tuas, sehingga tuas bergerak mendorong jari yang bersesuaian hingga menekuk. Lalu motor DC servo tersebut berputar ke arah berlawanan untuk menarik jari tersebut agar kembali meregang. Proses mendorong hingga jari menekuk sempurna dan kembali teregang rata-rata membutuhkan waktu 1-2 detik, seperti ditunjukkan pada hasil pengamatan pada Tabel 2. Ini disebut sebagai 1 siklus terapi gerak pada 1 jari, yaitu *extension-flexion-extension*. Setelah itu, alat kembali pada kondisi *stand by*, menunggu adanya penekanan *push button* lagi. Penekanan pada PB 1 sampai dengan PB 5 disebut juga mode manual, karena penekanan satu tombol hanya menghasilkan gerakan pada satu jari.



Gambar 10. *Flowchart* perangkat lunak pada mikrokontroler

Jika mikrokontroler membaca penekanan *push button* PB 6 maka akan menjalankan mode otomatis. Mode ini diawali dengan menstimulus motor DC servo 1 untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada ibu jari. Kemudian, langkah diikuti dengan menstimulus gerak motor DC servo 2 untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada jari telunjuk. Selanjutnya akan menstimulus gerak motor DC 3 untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada jari tengah. Setelah itu, akan menstimulus gerak motor DC 4 untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada jari manis. Dan diakhiri dengan menstimulus motor DC 5 untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada jari kelingking. Ini disebut 1 siklus mode otomatis. Setelah itu, alat kembali pada

kondisi *stand by* menunggu adanya penekanan *push button* kembali. Sudut dan kecepatan putar setiap motor DC servo diatur berdasarkan ukuran panjang jari dan pengaturan lamanya motor ON dan OFF berdasarkan eksperimen. Hasil eksperimen pengaturan sudut putar dan kontrol ON-OFF motor DC servo untuk ukuran jari sesuai desain alat dapat dilihat pada Tabel 2.

3. Hasil dan Pembahasan

Kinerja alat telah direalisasikan dilihat dari kebutuhan daya, kesempurnaan alat untuk menghasilkan 1 siklus terapi gerak pada jari yang bisa menghasilkan tekukkan dan regangan jari yang maksimal yang dipengaruhi oleh sudut dan kecepatan gerak motor serta desain tuas. Berikut ini dijelaskan secara singkat hasil-hasil yang dicapai:

1. Berdasarkan pengujian kebutuhan daya pada alat, setiap melakukan proses mendorong 1 jari hingga menekuk sempurna, maka motor DC servo dan sistem minimum mikrokontroler membutuhkan daya 0,73 watt, dengan arus terukur sekitar 60mA, dan sumber daya 12V. Dibutuhkan daya dengan besar yang sama saat motor DC servo bergerak berlawanan arah untuk menarik jari tersebut hingga teregang kembali. Sehingga total daya yang dibutuhkan untuk melakukan 1 siklus terapi gerak pada 1 jari adalah sebesar 1,46 watt. Jadi setiap penekanan *push button* pada mode manual akan memakai daya sebesar 1,46 watt. Sedangkan pada mode otomatis maka dibutuhkan daya dengan besar yang sama dengan mode manual, karena ke-5 motor DC servo tersebut bekerja secara bergantian.
2. Daya dorong dan tarik tuas, serta keberhasilan tekukan jari ditentukan dengan mengatur daya yang diberikan pada motor DC servo dengan mengatur lama ON-OFF motor DC servo dan sudut yang dihasilkan putaran motor. Dari hasil pengujian pada Tabel 2, jari yang lebih berat agar dapat didorong oleh motor DC servo hingga menghasilkan tekukan maksimal, maka perlu perioda ON motor lebih lama. Pengaturan ini efektif untuk digunakan pada pengguna yang jari-jarinya masih dalam kondisi lemas/belum mengalami kekakuan.

Tabel 2. Pengaturan gerak motor DC servo

No.	Jenis jari	Motor ON (µs)	Sudut putar motor (derajat)
1	Ibu jari	2000	100
2	Jari telunjuk	1955	95
3	Jari tengah	1100	30
4	Jari manis	850	30
5	Jari kelingking	1000	45

Sudut putar motor DC servo yang dibutuhkan sangat bergantung pada posisi motor, tuas, dan ukuran tiap jari. Untuk ukuran jari pada alat ini, maka sudut putar motor dari posisi *stand by* hingga dapat memberikan dorongan yang maksimal untuk masing-masing jari dapat dilihat pada Tabel 2. Dapat dilihat bahwa untuk mendorong jempol dibutuhkan sudut paling besar. Sedangkan untuk jari yang posisinya ditengah dibutuhkan sudut putar paling kecil.

3. Durasi waktu kerja alat untuk menyelesaikan 1 siklus terapi gerak rata-rata 1-2 detik dari 5 kali percobaan. Hasil pengujian untuk masing-masing jari dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.
4. Jika dibandingkan antara sudut putar motor yang dibutuhkan untuk menekuk masing-masing jari hingga maksimal seperti ditunjukkan pada Tabel 2, namun tidak secara langsung berkaitan dengan hasil pengukuran durasi kerja alat pada Tabel 3. Ini terjadi karena pengaturan kecepatan motor DC servo yang terhubung ke masing-masing jari untuk bisa menghasilkan gerakkan yang halus dan penekanan jari yang maksimal pula.

Sedangkan untuk mode otomatis, rata-rata membutuhkan waktu selama kurang lebih 5 detik untuk 1 siklus terapi gerak pada ke-5 jari secara bergantian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Pengujian durasi kerja alat pada mode manual

No.	Jenis Jari	Rata-rata Waktu (detik)
1	Ibu Jari	1,15
2	Jari Telunjuk	2,16
3	Jari Tengah	1,16
4	Jari Manis	1,04
5	Jari Kelingking	1,12

Tabel 4. Pengujian durasi kerja alat pada mode otomatis

No.	Percobaan ke :	Lama waktu (detik)
1	Pertama	5,4
2	Ke Dua	4,94
3	Ke Tiga	5,32
4	Ke Empat	5,5
5	Ke Lima	5,27

5. Tabel 5 berikut ini merupakan hasil pengujian sudut gerak yang dihasilkan oleh alat untuk 2 bagian sendi pada jari-jari tangan kanan.

Tabel 5. Pengujian sudut gerak jari-jari yang dihasilkan alat

Sendi	Gerakan	Batas atas ROM (derajat) [8]	Hasil pengujian (derajat)
Jempol (MCP)	Fleksi	50	30
	Ekstensi	20	10
Jempol (IP)	Fleksi	80	80
	Ekstensi	0	0
Jari Telunjuk (MCP)	Fleksi	90	70
Jari Tengah (MCP)			10
Jari Manis (MCP)			10
Jari Kelingking (MCP)			70
Jari Telunjuk (MCP)	Ekstensi	45	20
Jari Tengah (MCP)			20
Jari Manis (MCP)			20
Jari Kelingking (MCP)			10
Jari telunjuk (PIP)	Fleksi	100	60
Jari Tengah (PIP)			100
Jari Manis (PIP)			60
Jari Kelingking (PIP)			80
Jari telunjuk (PIP)	Ekstensi	0	10
Jari Tengah (PIP)			10
Jari Manis (PIP)			10
Jari Kelingking (PIP)			10

Berdasar perbandingan rata-rata ROM (*range of movement*) dengan hasil pengujian, maka dengan metode yang dipilih hanya efektif untuk melatih jari jempol, telunjuk, dan kelingking untuk sendi MCP. Sedangkan untuk sendi PIP yang paling maksimal gerak fleksinya untuk jari tengah dan jari kelingking. Gerak ekstensi belum bisa maksimal karena pengaturan konstruksi tuas.

6. Dari hasil pengujian keseluruhan kinerja alat, penggunaan selang air elastis sudah mampu mengkondisikan jari yang dalam keadaan lemas untuk tetap teregang

(ekstensi) pada saat alat dalam keadaan *stand by*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.a. Namun desain yang dihasilkan hanya efektif untuk ukuran jari tertentu saja.

7. Tuas sudah mampu menghasilkan tekukkan dan tekanan maksimal pada tiap jari, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.b, walaupun masih dapat terjadi kegagalan proses dorong karena antara tuas dan selubung jari tidak terikat mati, untuk memberi keleluasaan gerak.

4. Kesimpulan

Bagian mekanik alat yang terdiri dari rangkaian motor DC servo dan tuas telah dapat mendorong tiap jari pada tangan kanan hingga posisi menekuk maksimal, dan kembali meregangkan jari tersebut. Penggunaan selang air elastis 5/8" sebagai selubung jari juga mampu membantu kinerja motor untuk mengkondisikan jari tangan yang lemas berada pada posisi teregang saat tidak mendapat dorongan dari tuas.

Pada prototip ini, baik mode manual maupun mode otomatis hanya didesain untuk melakukan 1 siklus gerak saja. Sehingga untuk aplikasi perlu ditambahkan pengaturan banyaknya siklus kerja yang setara dengan durasi waktu terapi yang dibutuhkan. Dan dengan kebutuhan daya yang cukup kecil, maka pemanfaatan baterai *rechargeable* 800mAh-12V sudah bisa digunakan untuk melakukan sesi latihan yang setara dengan durasi waktu latihan sekitar 800 menit untuk mode manual, dan 160 menit untuk mode otomatis. Gerak fleksi maksimal baru efektif untuk jempol, jari telunjuk, jari tengah, dan jari kelingking untuk posisi sendi MCP dan PIP.

Pada desain alat ini, posisi peletakkan motor DC servo dan tuas terbatas di antara sela-sela jari tangan, sehingga ukuran tangan pengguna, terutama panjang jari, akan mempengaruhi terutama desain tuas. Sehingga untuk pengembangan lebih lanjut, bisa dipertimbangkan metode lain yang bisa mengakomodasi beberapa ukuran tangan untuk meminimalkan perubahan desain tuas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih atas dukungan dana dan fasilitas dari Jurusan Teknik Elektro-Fakultas Teknik dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Daftar Pusaka

[1] Vasileios I. Sakellariou et. al.. Review Article: Treatment Options for Brachial Plexus Injuries, *ISRN Orthopedics*, Vol. 2014, Article ID 314137: hal. 1-10.
[2] T. Desplenter et. al.. A Wearable Mechatronic Brace for Arm Rehabilitation. 5th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob). São Paulo, Brazil. 2014. pp. 491-496.
[3] N. Smania et. al.. Rehabilitation of brachial plexus injuries in adults and children. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2012. Vol. 48 (3): 483-506.
[4] Yavuz Aras, M.D. Functional outcomes after treatment of traumatic brachial plexus injuries: clinical study. Istanbul: Department of Neurosurgery, Istanbul University Faculty of Medicine; 2013.
[5] C. Gutenbrunner, A. Delarque. *Action plan of the professional practice committee*. The field of competence of physical and rehabilitation medicine physicians. Section of Physical and Rehabilitation Medicine – Professional Practice Committee Part One. European Union of Medical Specialists (UEMS). 2014: 5-11.
[6] Y. Joko. Atlas Anatomi Manusia Sobotta Jilid 1 Edisi 21. Jakarta: EGC. 2006.
[7] Scottish Adult Brachial Plexus Injury Service. *Information for Physiotherapist*. Glasgow. The Victoria Infirmary.
[8] Marcia K. Anderson, Gail P. Parr, Foundations of Athletic Training: Prevention, Assessment, and Management, 5th Ed.. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 2013. Part II: Chp. 5.
[9] Katherine Xue. Wearable robot. *Harvard Magazine*, 2014; Vol. January-February: pp. 14-16.