

PERANCANGAN PROTOTYPE MEKANISME GERAKAN JARI JEMPOL UNTUK ROBOT TERAPI STROK

Nur Abdi Abdillah Riyas ¹⁾, Gaguk Jatisukamto ¹⁾ ✉, Aris Zainul Muttaqin ¹⁾, Santoso Mulyadi ¹⁾, Hary Sutjahjono ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin

Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan

Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari,

Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

<https://unej.ac.id/>

Abstract

Stroke is a functional disorder of the nervous system due to obstruction of blood flow to the brain. Rehabilitation is an effort to restore the function of the nervous system to a better condition than its current condition. Rehabilitation is carried out routinely by therapists with continuous physical therapy exercises. Patients can practice anywhere and anytime without depending on the therapist's schedule with technology-based rehabilitation, namely using an exoskeleton robot. This research examines the design of the human thumb finger mechanism according to anthropometric data so that it is expected to function under the working system of the human hand. Analyzing the movement of the thumb design with the help of Ansys Rigid Body Dynamics software. Analysis position with Ansys 19 R1 simulation for Rigid Body Dynamic mode. The results of the joint movement values (linkage) of the joints (interphalangeal joint, IP), MCP (metacarpophalangeal), and (carpometacarpal joint, CMC) are as follows. The (interphalangeal joint) IP angle simulation results get an angle value of -40.30° , while the CMC angle gets an angle value of 65.90° and the MCP angle gets an angle value of 71.80° . In comparison, the IP angle of the human thumb has an angle of $80-90^\circ$, the CMC angle is $43-70^\circ$ and the MCP angle is $50-71^\circ$.

Keywords: Thumb Finger Gesture, Hand Exoskeleton Robot, Rigid Body Dynamic.

1. PENDAHULUAN

Strok merupakan penyakit gangguan fungsional sistem saraf akibat terhambatnya aliran darah ke otak. Penyembuhan strok ada beberapa macam, yaitu: sembuh secara sempurna, sembuh dengan cacat, maupun dapat menyebabkan kematian ^[1]. Gangguan fungsional sistem saraf sering terjadi di bagian tangan dan kaki, sehingga membatasi kemandirian dan kemampuan dalam melakukan aktivitas ^[2]. Rehabilitasi merupakan upaya untuk memulihkan dan mengembalikan fungsi sistem saraf tangan ke kondisi yang lebih baik dari kondisinya sekarang. Rehabilitasi dilakukan secara rutin oleh terapis dengan durasi latihan terapi fisik secara berkelanjutan. Seorang terapis memiliki keterbatasan waktu sehingga membuat latihan rutin pasien menjadi terhambat. Pasien dapat berlatih di mana pun dan kapan pun tanpa tergantung dari jadwal terapis dengan Rehabilitasi berbasis teknologi yaitu menggunakan robot *exoskeleton* ^[3].

Robot *exoskeleton* tangan manusia dikembangkan berdasarkan studi anatomi tubuh manusia digunakan sebagai alat rehabilitasi Strok berbasis teknologi. Robot *exoskeleton*

Corresponding Author:

✉ Gaguk Jatisukamto

Received on: 2023-07-04

Revised on: 2024-10-18

Accepted on: 2024-12-05

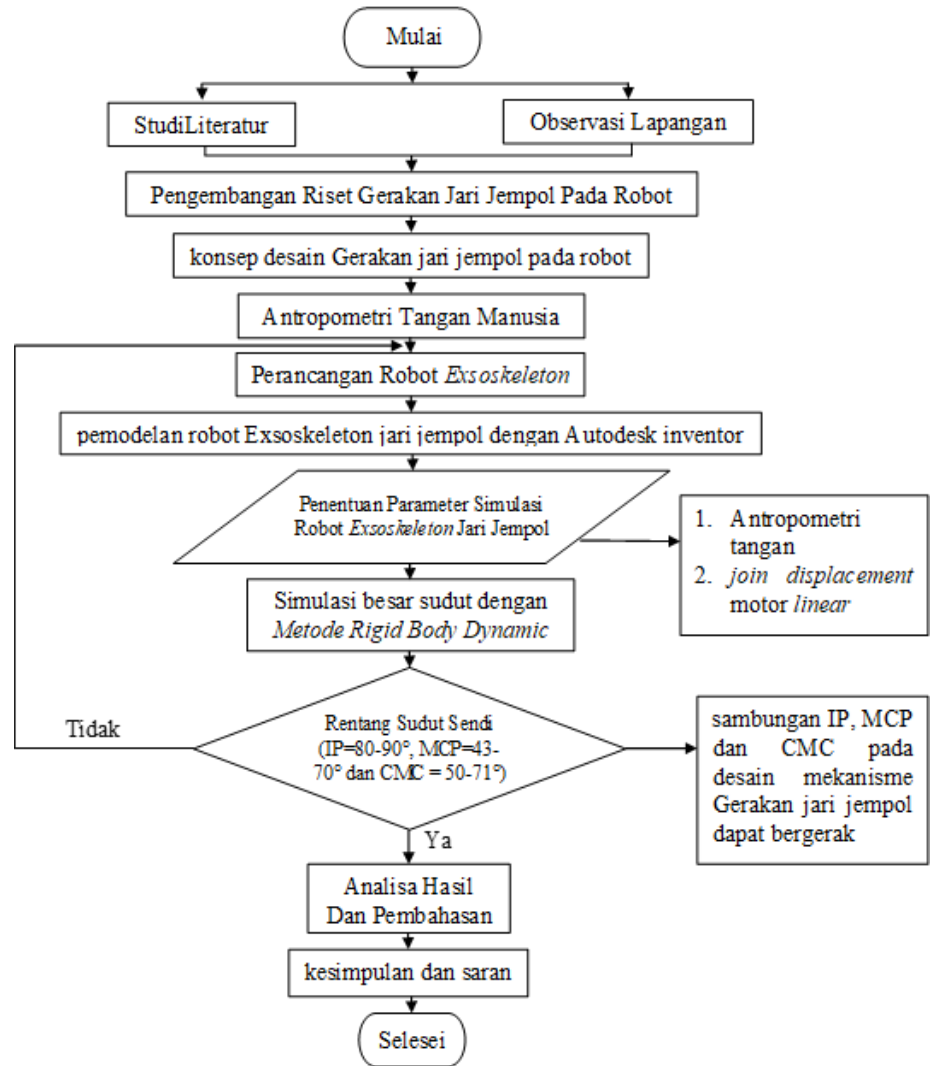
tangan ini dirancang dengan meniru bentuk serta sistem kerja tangan manusia khususnya bagian jari jempol. Jari jempol tangan manusia memiliki mekanisme Gerakan serta bagian yang berbeda di bandingkan keempat jari yang lain. Data antropometri menjadi acuan perancangan, sehingga robot *exoskeleton* tangan diharapkan dapat berfungsi sesuai dengan sistem kerja tangan manusia ^[4].

Pada penelitian yang di lakukan oleh Rizal ^[5], meneliti dua tipe rancangan robot *exoskeleton*, menggunakan *software solidwork 2018*. Rancangan robot *exoskeleton* tangan disimulasi menggunakan *Software Ansys Rigid Body Dynamics* dengan membandingkan tipe rancangan robot *exoskeleton* yang berbeda. Perbedaan rancangan model tersebut, hanya satu yang bisa menggerakkan sambungan sendi (*metacarpophalangeal, MCP*) sedangkan pada rancangan lainnya dapat menggerakkan sudut MCP, (*proximal interphalangeal, PIP*) dan (*distal interphalangeal, DIP*). Kajian tersebut tidak membahas pergerakan jari jempol. Jari jempol memiliki perbedaan dengan empat jari yang lain. Perbedaan tersebut terletak pada jumlah sambungan sendi. Jari jempol terdiri dari tiga sambungan sendi yaitu (*interphalangeal joint, IP*), MCP dan (*Carpometacarpal Joint, CMC*) ^[6]. Jumlah sambungan tersebut menentukan jumlah derajat kebebasan (*Degrees of Freedom, DOF*) pada tangan manusia. Secara model kinematika jari jempol memiliki tiga sambungan dan empat DOF.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan perancangan mekanisme jari jempol tangan manusia yang meniru struktur jari tangan manusia dengan tiga sambungan sendi yaitu IP, MCP dan CMC dengan bantuan *software Autodesk Inventor 2023*. Kemudian menganalisis pergerakan desain jari jempol dengan bantuan *software Ansys Rigid Body Dynamics*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai rekomendasi pengembangan penelitian tentang robot *exoskeleton* tangan manusia selanjutnya.

2. METODE DAN BAHAN

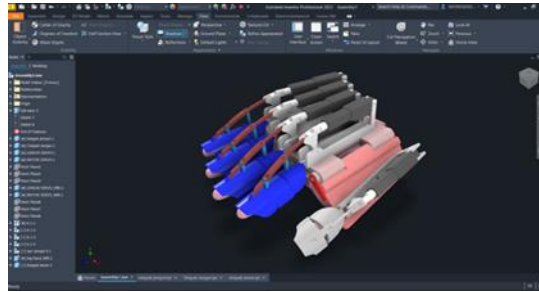
Metode penelitian untuk desain mekanisme gerakan jari jempol untuk robot terapi stroke menggunakan metode *Rigid Body Dynamic (RBD)*. *Rigid Body Dynamic (RBD)* merupakan salah satu alat di dalam *Software ansys* yang di gunakan untuk menganalisa gerakan serta perpindahan posisi dari desain benda tegar. Tahapan analisis struktur meliputi Pemodelan dengan *software Autodesk Inventor Profesional 2023* dan Analisis posisi dengan simulasi *Ansys 19 R1* untuk mode *Rigid Body Dynamics*. Simulasi *Rigid Body Dynamic (RBD)* dilakukan setelah desain 3D model selesai di buat. Model 3D di buat berdasarkan dimensi dari data Antropometri tangan manusia, mulai dari Panjang ruas jari yang terdiri dari bagian , IP, MCP dan CMC, Panjang telapak tangan dan lebar telapak tangan ^[7]. Desain mekanisme gerakan jari jempol untuk robot terapi stroke yang akan di analisis ini terdiri dari tiga sambungan, IP, MCP dan CMC. Langkah-langkah proses penelitian dapat ditampilkan seperti pada Gambar 1.



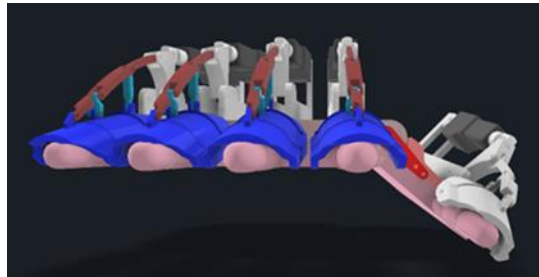
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

3. HASIL DAN DISKUSI

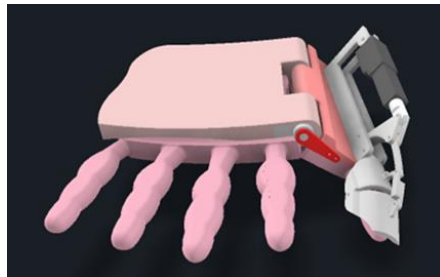
Model Robot *Exoskeleton* jari jempol di desain menggunakan *software Autodesk Inventor 2023* seperti terlihat pada gambar 2. Gambar 3 merupakan model Robot *Exoskeleton* jari jempol tampak depan. Gambar 4 merupakan model Robot *Exoskeleton* jari jempol bagian mekanisme gerakan CMC, sedangkan Gambar 5 merupakan model Robot *Exoskeleton* jari jempol bagian mekanisme Gerakan IP dan MCP.



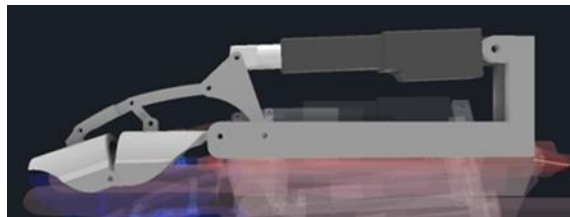
Gambar 2. Model Robot *Exskeleton* jari jempol.



Gambar 3. Model Robot *Exskeleton* jari jempol tampak depan.

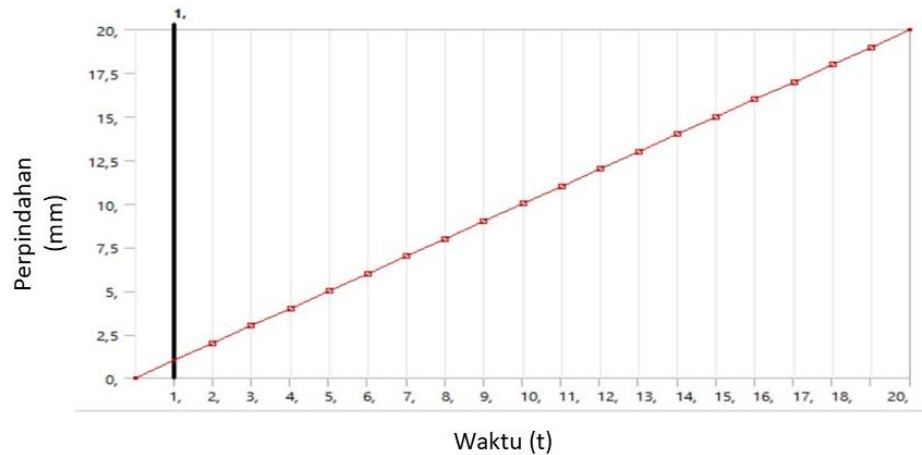


Gambar 4. Model Robot *Exskeleton* jari jempol bagian mekanisme Gerakan CMC

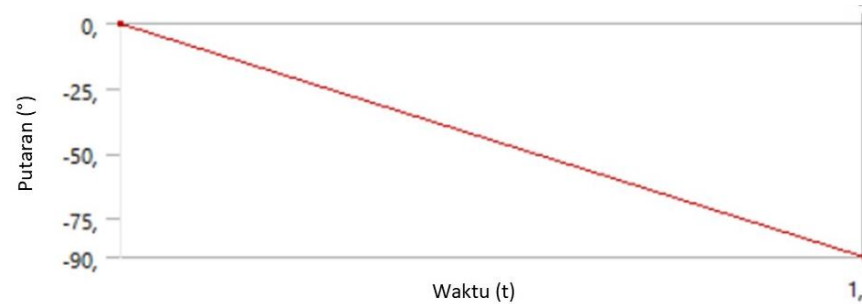


Gambar 5. Model Robot *Exskeleton* Jari Jempol Bagian Mekanisme Gerakan IP Dan MCP

Analisis simulasi *Rigid Body Dynamic* dilakukan untuk mengetahui posisi nilai sudut MCP, PIP, dan DIP dari pergerakan mekanisme desai robot terapi strok. Analisis *joint load* digunakan untuk mencari *displacement*, *velocity*, *acceleration* dan *force*. Parameter *displacement joint load* menggunakan fitur konfigurasi. Fitur konfigurasi yang digunakan berfungsi untuk mengatur jarak perpindahan mekanisme dan waktu dalam proses simulasi sehingga mempengaruhi proses *assembly* pada *connections joint* dan koordinat sumbu untuk mengatur arah gaya. Parameter analisis *joint load* pada penelitian ini menggunakan metode tabular data untuk mengatur pergerakan masing-masing step dari pergerakan motor linear.

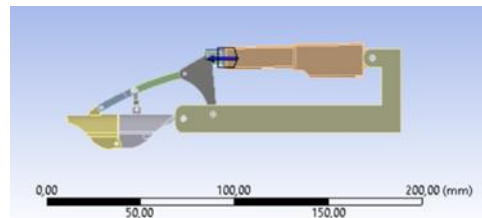


Gambar 6. Hubungan waktu dengan perpindahan motor linear pada parameter *joint displacement*.

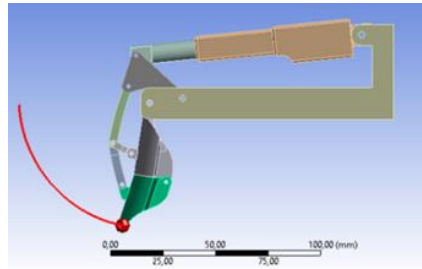


Gambar 7. Hubungan antara waktu dengan putaran motor servo pada parameter *joint rotation*.

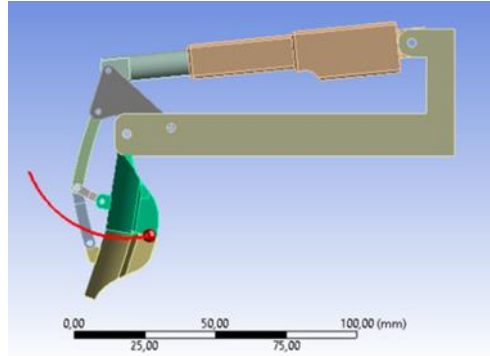
Hasil analisis *displacement joint load* pada Gambar 6 menunjukkan garis warna merah memiliki arti hasil dari perpindahan *displacement* motor terhadap konfigurasi pergerakan mekanisme yang bekerja. Jadi, dapat diasumsikan bahwa hasil konfigurasinya berada di rentang 0-20 mm, Sedangkan hasil analisis *displacement joint rotation* pada gambar 7 dapat diasumsikan bahwa hasil konfigurasinya berada di rentang $0^\circ - 90^\circ$. Simulasi desain 1 menghasilkan nilai koordinat sumbu Y dan Z. Perhitungan sudut MCP, PIP, dan DIP menggunakan persamaan trigonometri. Gambar 6 menunjukkan proses perpindahan posisi (*displacement*) yang dihasilkan dari pergerakan motor linear sebesar 20 mm.



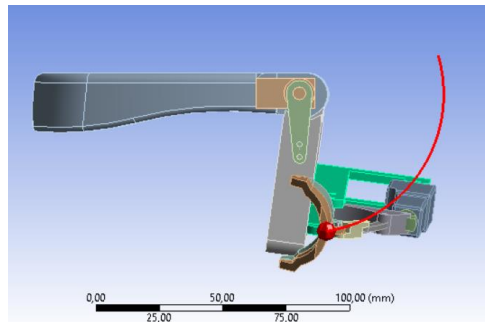
Gambar 8. Posisi desain mekanisme gerakan jari jempol sudut IP, MCP, dan CMC pada saat sudut $\theta_{\max} = 0^\circ$



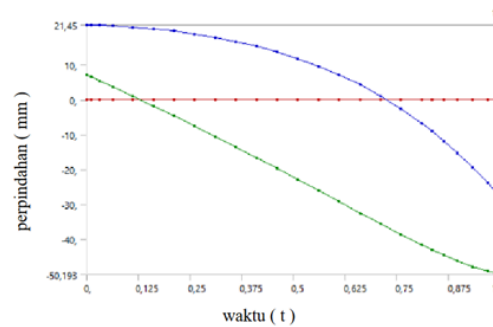
Gambar 9. Posisi desain mekanisme gerakan jari jempol sudut IP pada saat sudut $\theta_{max} = 40,30^\circ$



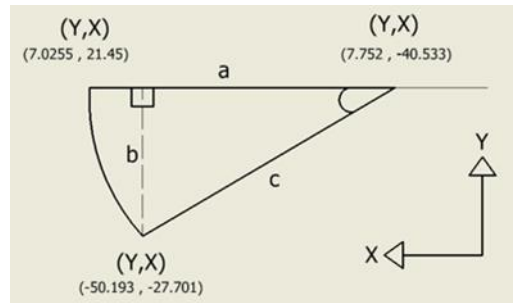
Gambar 10. Posisi desain mekanisme gerakan jari jempol sudut CMC pada saat sudut $\theta_{max} = 65,90^\circ$



Gambar 11. Posisi desain mekanisme gerakan jari jempol sudut MCP pada saat sudut $\theta_{max} = 71,80^\circ$



Gambar 12. Hubungan antara perpindahan posisi sumbu X,Y,Z terhadap waktu pada sudut IP



Gambar 13. Nilai diagram kartesian pergerakan linkage sudut IP terhadap sumbu X,Y.

Nilai sudut dari pergerakan linkage dapat diketahui menggunakan perhitungan manual dengan rumus trigonometri sebagai berikut:

$$\text{titik koordinat sisi depan (a)} = (-50,193) - (7,752) = -57,945$$

$$\text{titik koordinat sisi samping (b)} = (21,45) - (-27,701) = 49,151$$

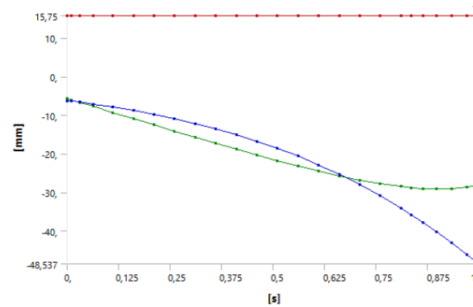
$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\tan \alpha = \frac{49,151}{-57,945}$$

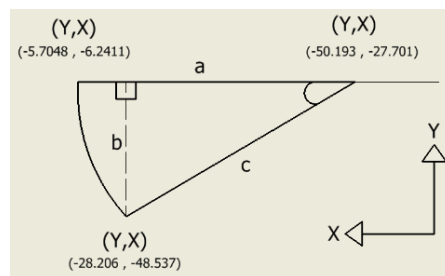
$$\arctan^{-1} = -0.8482353956$$

$$\tan^{-1} = -40,30^\circ$$

Hasil simulasi sudut IP mendapatkan nilai sudut sebesar $-40,30^\circ$, dengan menggunakan motor linear sepanjang ≥ 20 mm



Gambar 14. Hubungan antara perpindahan posisi sumbu X,Y,Z terhadap waktu pada sudut MCP



Gambar 15. Nilai diagram kartesian pergerakan linkage sudut MCP terhadap sumbu X,Y.

Nilai sudut dari pergerakan linkage dapat diketahui menggunakan perhitungan manual dengan rumus trigonometri sebagai berikut:

titik koordinat sisi depan (a) = (-28,206) – (-50,193) = 21,947

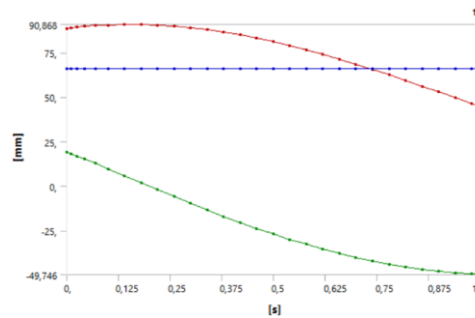
titik koordinat sisi samping (b) = (21,45) – (-27,701) = 49,151

$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

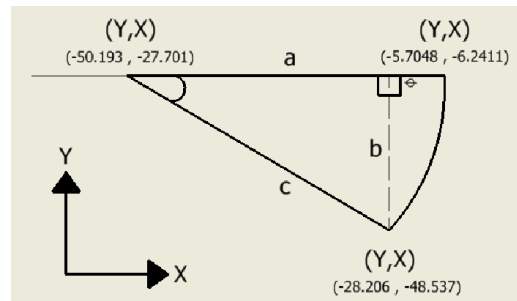
$$\tan \alpha = \frac{49,151}{21,947}$$

$$\arctan^{-1} = 2,23545731569$$

$$\tan^{-1} = 65,90^\circ$$



Gambar 16. Hubungan antara perpindahan posisi sumbu X,Y,Z terhadap waktu pada sudut CMC



Gambar 17. Nilai diagram kartesian pergerakan linkage sudut CMC terhadap sumbu X,Y.

nilai sudut dari pergerakan *linkage* dapat diketahui menggunakan perhitungan manual dengan rumus trigonometri sebagai berikut:

titik koordinat sisi depan (a) = (66,086) – (88,713) = -22,627

titik koordinat sisi samping (b) = (-49,746) – (19,252) = - 68,998

$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\tan \alpha = \frac{-68,998}{-22,627}$$

$$\arctan^{-1} = 3,04936580192$$

$$\tan^{-1} = 71,80^\circ$$

Perbandingan nilai pergerakan sudut Sambungan jari jempol desain lebih kecil bila dibandingkan dengan sudut Sambungan jari jempol Manusia. Hal ini disebabkan karena mekanisme desain memiliki model *link* yang kompleks dan Panjang sambungan motor *linear*

yang terbatas, sehingga pergerakan sambungan belum mencapai nilai sesuai dengan sambungan jari jempol manusia.

Tabel 1. Perbandingan simulasi dengan Nilai Acuan.

Hasil Sudut Maksimal	IP (°)	CMC (°)	MCP (°)
Jari Jempol manusia	80-90°	43-70°	50-71°
Desain Mekanisme Gerakan Jari Jempol	40,30°	65,90°	71,80°

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan *prototype* mekanisme gerakan jari jempol untuk robot terapi strok adalah sebagai berikut:

- a. Hasil desain mekanisme gerakan jari jempol untuk robot terapi strok dapat bergerak, diantaranya pergerakan sambungan sendi (*linkage*) sambungan (*interphalangeal joint, IP*), (*metacarpophalangeal, MCP*) dan (*Carpometacarpal Joint, CMC*).
- b. Hasil simulasi sudut IP mendapatkan nilai sudut $\theta = -40,30^\circ$, sedangkan sudut CMC mendapatkan nilai sudut $\theta = 65,90^\circ$ dan Sudut MCP mendapatkan nilai sudut $\theta = 71,80^\circ$. perbandingan sudut IP jari jempol manusia memiliki nilai sudut $\theta = 80-90^\circ$, sudut CMC $\theta = 43-70^\circ$ dan sudut MCP $\theta = 50-71^\circ$.
- c. Perbandingan nilai pergerakan sudut bagian IP jari jempol lebih kecil bila dibandingkan dengan sudut Sambungan jari jempol Manusia. Hal ini disebabkan karena mekanisme desain memiliki model link yang kompleks dan Panjang sambungan motor linear yang terbatas, sehingga pergerakan sambungan belum mencapai nilai yang sesuai dengan sambungan jari jempol manusia. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu melakukan desain ulang model *link* yang kompleks agar lebih sederhana serta Panjang motor *linear* yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Purwanti, "Hubungan lama mengetik dengan resiko terjadinya," 2011.
- [2] P. Raghavan, "The nature of hand motor impairment after stroke and its treatment," *Curr. Treat. Options Cardiovasc. Med.*, vol. 9, no. 3, pp. 221–228, 2007, doi: 10.1007/s11936-007-0016-3.
- [3] O. Lambercy *et al.*, "Effects of a robot-assisted training of grasp and pronation/supination in chronic stroke: A pilot study," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 8, no. 1, 2011, doi: 10.1186/1743-0003-8-63.
- [4] T. Zhang *et al.*, "Biomechatronic design and control of an anthropomorphic artificial hand for prosthetic applications," *Robotica*, vol. 34, no. 10, pp. 2291–2308, 2016, doi: 10.1017/S0263574714002902.
- [5] Rizal, "Redesain Mekanisme Robot Terapi Stroke Menggunakan Ansys Rigid Body Dynamic Redesain Mekanisme Robot Terapi Stroke," 2019.
- [6] A. Chandra, P. Chandna, and S. Deswal, "Analysis of Hand Anthropometric Dimensions of Male Industrial Workers of Haryana State," *Int. J. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 242–256, 2011.
- [7] H. Purnomo, "PENGUKURAN ANTROPOMETRI TANGAN USIA 18 SAMPAI 22 TAHUN KABUPATEN SLEMAN YOGYAKARTA Hari Purnomo Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia," *Semin. Nas. Ind. Eng. Natl. Conf.*, no. 2004, pp. 106–112, 2014.

