



PAPER – OPEN ACCESS

Desain Jari Antropomorfik pada Tangan Prostetik dengan Mekanisme Cross Bar Linkage 1 Degree of Freedom

Author : Romdhoni Nur Huda, dkk
DOI : 10.32734/ee.v2i3.693
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 2 Issue 3 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Desain Jari Antropomorfik pada Tangan Prostetik dengan Mekanisme *Cross Bar Linkage 1 Degree of Freedom*

Romdhoni Nur Huda^a, Lobes Herdiman^b, Taufiq Rochman^c

^{a,b,c}Laboratory of Product Planning and Design,
Faculty of Engineering, Universitas Sebelas Maret

romdhoninh@gmail.com, lobesh@gmail.com, taufiqrochman@staff.uns.ac.id

Abstrak

Penyandang disabilitas gangguan tangan di Indonesia memiliki persentase pengangguran terbesar. Tingginya tingkat pengangguran disebabkan karena penyandang disabilitas dengan gangguan tangan memiliki tingkat produktivitas yang rendah. Untuk mengembalikan fungsi tangan yang hilang, diperlukan perancangan alat bantu berupa tangan prostetik. Sebagian besar masyarakat Indonesia hanya dapat mengakses tangan prostetik kosmetik yang tidak dapat melakukan fungsi tangan manusia. Hal tersebut dikarenakan tangan prostetik fungsional masih sulit diakses oleh penyandang disabilitas di Indonesia. Konstruksi yang kompleks dalam pembuatan tangan prostetik menyebabkan tingginya harga jual tangan prostetik yang ada. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk merancang mekanisme jari pada tangan prostetik fungsional yang memiliki konstruksi yang sederhana. Pengukuran telapak tangan dilakukan terhadap 60 orang untuk mendapatkan ukuran tangan prostetik dan *range of motion* (ROM) tangan manusia asli. Perancangan mekanisme tangan prostetik menggunakan dua jenis *linkage*, yaitu mekanisme *single cross bar* pada ibu jari dan *double cross bar* pada jari tengah untuk menghasilkan mekanisme jari yang dapat menggerakkan seluruh ruas jari hanya dengan satu *degree of freedom*.

Abstract

Persons with hand disabilities in Indonesia have the largest unemployment percentage. The high unemployment rate is caused by people with disabilities with hand disorders having low productivity levels. To restore lost hand function, the design of a prosthetic hand is needed. Most Indonesian people can only access cosmetic prosthetic hands that cannot perform human hand functions. This is because functional prosthetic hands are still difficult to access for persons with disabilities in Indonesia. Complex construction in the manufacture of prosthetic hands causes high prices for existing prosthetic hands. So, this study aims to design a functional prosthetic finger mechanism that has a simple construction. Palm measurements were made on 60 people to get prosthetic hand size and range of motion (ROM) of genuine human hands. The design of the prosthetic hand mechanism uses two types of linkage, namely the mechanism of a single cross bar on the thumb and double cross bar on the middle finger to produce a finger mechanism that can move all finger segments with only one degree of freedom.

Keywords: tangan prostetik, antropomorfik, *range of motion*.

1. Pendahuluan

Penyandang disabilitas gangguan tangan di Indonesia memiliki persentase pengangguran terbesar, yaitu 27,38%. Tingginya tingkat pengangguran disebabkan karena penyandang disabilitas dengan gangguan tangan memiliki tingkat produktivitas yang rendah. Untuk mengembalikan fungsi tangan yang hilang, diperlukan perancangan alat bantu berupa prosthetic hand. Sebagian besar masyarakat Indonesia hanya dapat mengakses tangan prostetik kosmetik yang tidak dapat melakukan fungsi tangan manusia. Hal tersebut dikarenakan tangan prostetik fungsional masih sulit diakses

oleh penyandang disabilitas di Indonesia. Konstruksi yang kompleks dalam pembuatan tangan prostetik fungsional menyebabkan tingginya harga jual tangan prostetik yang ada.

Tangan prostetik merupakan salah satu teknologi di bidang kesehatan yang menangani bagian organ tangan yang hilang akibat amputasi [1]. Tangan merupakan bagian penting dari tubuh yang berfungsi untuk melakukan aktivitas dasar kontrol meliputi fungsi *tactile sensor functions, active haptic sensing, prehensile, and non-pre-skilled skill movements* [2]. Oleh karena itu, pengembangan desain tangan prostetik terus menerus dilakukan untuk membantu penyandang disabilitas gangguan tangan, sehingga dapat melakukan aktivitas dengan tangan tersebut. Tangan prostetik yang memiliki bentuk serupa dengan tangan manusia dan dapat menggantikan fungsi tangan manusia dikatakan memenuhi aspek antropomorfik. Sampai sekarang beberapa penelitian telah dilakukan untuk menghasilkan tangan prostetik fungsional dengan aspek antropomorfik.

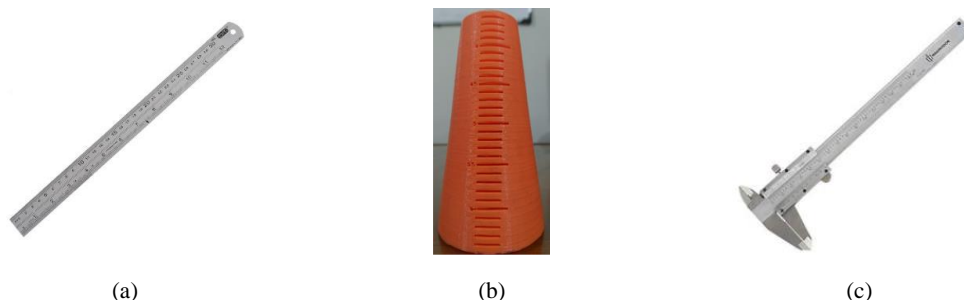
Sebagian besar penelitian mengenai tangan prostetik fungsional memiliki konstruksi yang sangat kompleks, sehingga tangan prostetik fungsional memiliki harga yang relatif mahal. *Laboratory of Robotics and Mechatronics (LARM)*, Italia, mengembangkan sistem pengoperasian yang lebih sederhana dalam desain tangan robot *LARM Hand* [3] *LARM Hand* memiliki desain jari antropomorfik yang dirancang dari bahan yang murah dan tidak terlalu berat, yaitu paduan aluminium dengan gerakan *1 degree of freedom (DOF)* [4]. Konstruksi *LARM Hand 4* terdiri dari tiga jari dengan masing-masing jari memiliki tiga *phalanx* dan terdiri dari *5 link*. Mekanisme gerak yang digunakan dalam *LARM Hand* adalah *cross-four bar linkage system*. *Link* penghubung pada *LARM Hand* berada di dalam ruas jari tangan, sehingga aspek antropomorfik dari segi kosmetik dapat dicapai. Sehingga dengan mekanisme yang sederhana memberikan harapan bagi masyarakat Indonesia untuk mendapatkan tangan prostetik fungsional dengan harga yang terjangkau.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang mekanisme *linkage* jari pada tangan prostetik fungsional yang memiliki konstruksi yang sederhana dengan mempertimbangkan desain mekanisme *LARM Hand*.

3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun untuk menghasilkan *linkage* yang dapat menggerakkan mekanisme jari pada tangan prostetik secara alami seperti jari asli manusia. Data yang dikumpulkan adalah ukuran antropometrik telapak tangan manusia. Pengukuran antropometri dilakukan dengan observasi langsung terhadap 60 tangan responden berdasarkan 25 klasifikasi yang ditetapkan oleh Purnomo [5]. Alat ukur yang digunakan yaitu penggaris, jangka sorong, dan *cone* modifikasi untuk mengetahui diameter genggam tangan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Ukur Antropometri Telapak Tangan, (a) Penggaris, (b). *3D Printed Cones*, (c). Jangka Sorong

Ukuran yang terkumpul selanjutnya diolah dengan uji normalitas untuk membuktikan data dari sampel yang dimiliki berasal dari populasi berdistribusi normal atau data populasi yang dimiliki berdistribusi normal. Pembuktian data berdistribusi normal dilakukan dengan pengujian normalitas sampel. Seluruh data antropometri dilakukan validasi menggunakan peta kontrol untuk memeriksa dan memastikan data yang diperoleh tidak keluar dari nilai batas kendali. Nilai batas kendali atas dan bawah digunakan sebagai acuan nilai maksimal dan nilai minimal data yang

diperbolehkan. Apabila terdapat data yang keluar dari batas atas atau bawah, data tersebut dihapus dan diolah kembali dengan langkah seperti sebelumnya. Data persentil 50% diambil untuk digunakan pada penelitian setelah seluruh ukuran dimensi yang terkumpul dipetakan dan diolah. Persentil 50% dipilih karena data mengakomodir keseluruhan pengguna tangan. Ketika data selesai dikumpulkan, dilakukan penentuan nilai *range of motion* (ROM). Penentuan nilai *range of motion* tangan dilakukan dengan cara meniru posisi alami jari manusia pada saat proses pengenggaman objek. Proses peniruan dilakukan terhadap jari tengah dan ibu jari pada saat posisi menggenggam obyek berupa cone yang digunakan pada pengukuran diameter genggam. Proses pengenggaman dilakukan terhadap objek dengan diameter genggam maksimal sesuai dengan data rata-rata yang telah diperoleh. Seluruh data terkumpul digunakan untuk membangun mekanisme *linkage*. Desain *system linkage* yang digunakan pada jari adalah *cross linkage system* yang digerakkan dengan sistem tarik pada pangkal jari. Rancangan terdiri dari beberapa *link* parameter penyusun dengan panjang yang disesuaikan dengan ukuran antropometri yang telah didapatkan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengukuran Antropometri Telapak Tangan

Seluruh data ukuran antropometri meliputi rata – rata ukuran, standar deviasi, dan ukuran persentil ditunjukkan pada Tabel 1. Selanjutnya data yang telah diolah digunakan sebagai pedoman ukuran dalam penelitian ini.

Tabel 1. Rata – Rata, Standar Deviasi, dan Ukuran Persentil Antropometri Telapak Tangan

Dimensi Tangan	\bar{x}	σ	Persentil (mm)		
			5th	50th	95th
Lebar Ibu Jari	16.41	2,15	13.98	16.41	18.83
Panjang Ibu Jari	57.86	6,06	47.96	57.86	67.76
Lebar Jari Telunjuk	15.16	2,01	12.57	15.16	17.75
Panjang Jari Telunjuk	82.94	10,17	67.22	82.94	98.66
Lebar Jari Tengah	15.36	2,35	12.43	15.36	18.28
Panjang Jari Tengah	90.96	11,99	73.73	90.96	108.19
Lebar Jari Manis	14.48	1,86	12.27	14.48	16.68
Panjang Jari Manis	83.01	12,24	65.81	83.01	100.21
Lebar Jari Kelingking	12.34	1,87	9.69	12.34	14.98
Panjang Jari Kelingking	66.14	9,33	52.46	66.14	79.81
Panjang Tangan	172.76	14,00	151.86	172.76	193.66
Panjang Telapak Tangan	99.55	10,39	75.59	99.55	123.51
Lebar Tangan Metakarpal	72.5	7,77	62.03	72.50	82.96
Lebar Tangan Sampai Ibu Jari	87.89	9,60	74.36	87.89	101.42
Tebal Tangan Ibu Jari	30.67	8,00	21.71	33.79	45.88
Tebal Tangan Metakarpal	25.27	6,28	15.15	24.25	33.35
Tebal Ibu Jari	14.84	2,56	8.5	14.84	21.19
Tebal Jari	13.94	3,12	8.34	13.94	19.54
Lebar Tangan Menggenggam	83.97	12,71	63.82	83.97	104.12
Panjang Tangan Menggenggam	102.48	13,69	79.25	102.48	125.7
Jarak Ibu Jari Kelingking	183.33	20,31	151.65	183.33	215.01
Diameter Genggaman Maksimal	47.85	6,64	37.75	47.85	57.95
Diameter Genggaman Minimal	5.28	2,68	1.09	5.28	9.47
Tinggi Kepalan Tangan	58.78	6,05	47.91	58.78	69.66
Lebar Kepalan Tangan	83.31	11,17	66.85	83.31	99.77

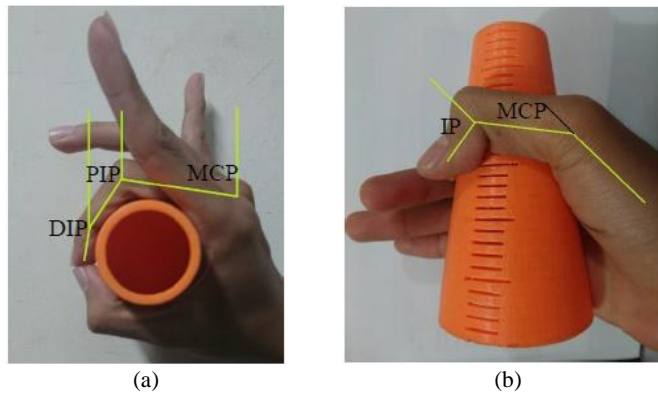
Dari data di atas, panjang jari dapat ditentukan dengan menggunakan rasio tiap ruas 5: 4: 3 untuk jari tengah dan 5: 4 untuk ibu jari. Panjang jari tengah dan ibu jari ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Panjang Jari

Finger Segment	Length (mm)	
	Thumb	Middle Finger
Phalanx Proximal	32,14	37,90
Phalanx Media	-	30,32
Phalanx Distal	25,72	22,74

4.2. Penentuan Nilai Range of Motion

Proses penggengaman dilakukan terhadap objek dengan diameter genggam maksimal sesuai dengan data rata-rata yang telah diperoleh setelah melalui pengolahan data pengukuran. Diameter genggam maksimal yang digunakan adalah 48 milimeter. Proses peniruan penggengaman pada ibu jari dan jari tengah dilakukan seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perolehan ROM pada, (a) Jari Tengah, (b). Ibu Jari

Dari gambar tersebut dapat diperoleh ROM pada masing – masing ruas jari yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perolehan ROM tiap Joint

Joints	Range of Motion
MCP Joint	34°
PIP Joint	87°
DIP Joint	142°
MCP Joint (Ibu Jari)	38,50°
IP Joint (Ibu Jari)	101,11°

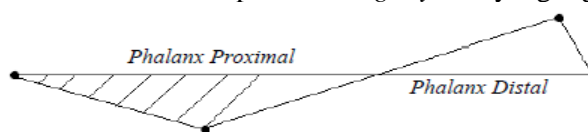
Range of motion dan panjang jari yang telah diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perancangan mekanisme jari, agar desain jari yang akan dibuat memiliki ROM yang sama dengan jari manusia asli.

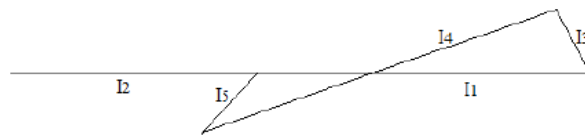
4.3. Perancangan Linkage Sistem Jari

Dalam perancangan linkage sistem jari terdapat dua mekanisme yang digunakan karena terdapat dua jari yang dirancang meliputi ibu jari dan jari tengah. Perancangan linkage ibu jari dan jari tengah dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Perancangan Linkage Ibu Jari

Mekanisme ibu jari dirancang dengan mengadopsi mekanisme gerak LARM Hand dengan sistem double crossbar linkage yang diubah dengan sistem single crossbar linkage. Perubahan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan aspek antropomorfik karena ibu jari hanya memiliki dua ruas penyusun, meliputi phalanx proximal dan phalanx distal. Gambar 3 menampilkan linkage system yang digunakan pada ibu jari.



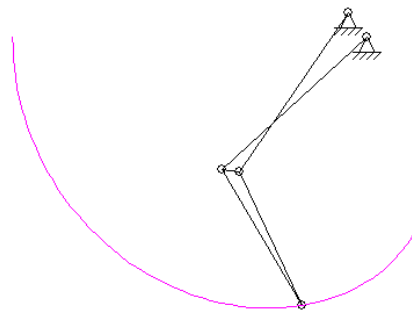
Gambar 3. Sistem *Linkage* Ibu Jari

Panjang setiap *link* parameter pada gambar di atas dijelaskan dalam data pada Tabel 4. Panjang ruas dan sudut yang telah ditentukan digunakan untuk mensimulasikan gerakan jari selama proses pengenggaman.

Tabel 4. Panjang *Link* Parameter Mekanisme Ibu Jari

Link	Panjang (mm)
I ₁	32.14
I ₂	25.72
I ₃	5.00
I ₄	31.21
I ₅	2.10

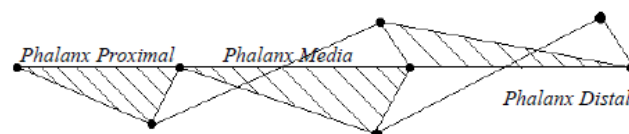
Mekanisme yang telah dibangun disimulasikan pada *software* SAM 6.0. Mekanisme dikatakan valid apabila simulasi tidak berhenti sebelum proses selesai pada waktu yang ditentukan atau yang disebut *convergence problem*. Apabila terjadi *convergence problem*, maka parameter penyusun mekanisme dihilangkan dan proses diulang kembali. Gambar 4 menampilkan desain mekanisme tanpa terjadi *convergence problem*.

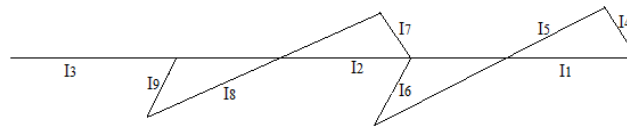


Gambar 4. Gerakan Mekanisme Ibu Jari

b. Perancangan *Linkage* Ibu Jari

Mekanisme jari tengah dirancang dengan menggunakan sistem *double crossbar linkage system*. Penggunaan sistem mempertimbangkan aspek antropomorfik karena jari tengah memiliki tiga ruas penyusun, meliputi *phalanx proximal*, *phalanx media*, dan *phalanx distal*. Gambar 5 menampilkan *linkage system* yang digunakan pada jari tengah.





Gambar 5. Sistem Linkage Jari Tengah

Panjang setiap *link* parameter pada gambar di atas dijelaskan dalam data pada Tabel 5. Panjang ruas dan sudut yang telah ditentukan digunakan untuk mensimulasikan gerakan jari selama proses pengenggaman.

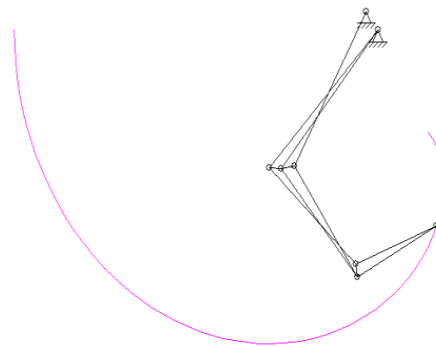
Tabel 5. Panjang *Link* Parameter Mekanisme Jari Tengah

Link	Panjang (mm)
I ₁	38.26
I ₂	29.88

Tabel 5. Panjang *Link* Parameter Mekanisme Jari Tengah (lanjutan)

Link	Panjang (mm)
I ₃	22.82
I ₄	8.50
I ₅	37.57
I ₆	3.40
I ₇	3.50
I ₈	29.87
I ₉	2.10

Mekanisme yang telah dibangun disimulasikan pada *software* SAM 6.0. Mekanisme dikatakan valid apabila simulasi tidak berhenti sebelum proses selesai pada waktu yang ditentukan atau yang disebut *convergence problem*. Apabila terjadi *convergence problem*, maka parameter penyusun mekanisme dihilangkan dan proses diulang kembali. Gambar 6 menampilkan desain mekanisme tanpa terjadi *convergence problem*.



Gambar 6. Gerakan Mekanisme Jari Tengah

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penggunaan *hand tool* dalam pengukuran antropometri tangan berupa *cones* yang telah dimodifikasi dapat mengakomodasi seluruh ukuran tangan manusia, sehingga mempermudah dalam perancangan tangan prostetik dengan aspek antropomorfik. Dengan penggunaan *cones* tersebut diperoleh desain mekanisme *linkage* sederhana untuk ibu jari dan jari tengah pada tangan prostetik dengan aspek antropomorfik. Mekanisme yang dibangun menggunakan sistem gerak 1 DOF dan memiliki konstruksi yang sederhana. Dalam simulasi yang telah dilakukan pada *software* SAM 6.0 tidak terjadi *convergence problem* sehingga mekanisme telah

memeuhi aspek antropomorfik meliputi segi ukuran *link* yang merepresentasikan ukuran ruas jari, serta ROM yang dicapai mekanisme *linkage*.

Sebagai pengembangan pada penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai prototipe yang dibangun berdasarkan mekanisme yang telah dirancang. Sehingga dari prototipe yang dibangun dapat dilakukan verifikasi mengenai ketepatan lintasan mekanisme dan ROM yang diperoleh.

Referensi

- [1] Brey. (2005) "Descriptive of Prosthetic Hand Appliance." Naval Medical Research Institute.
- [2] Abdulqodir, A., Sriwarno, A., Isdianto, B. (2014) "Kemampuan Adaptasi Orang Kidal terhadap Lingkungan Non-Kidal dalam Aktivitas Menulis dan Menggambar." LPPM ITB. ISSN 1978-3078.
- [3] Carbone, G., and Ceccarelli, M. (2008) "Design of LARM Hand: Problems and Solutions.", Control Engineering and Applied Informatics, Vol. 10, No. 2: 39-46
- [4] Rodriguez, N.E.N., Carbone, G., and Ceccarelli, M. (2006) "Optimal Design of Driving Mechanism in a 1-DOF Anthropomorphic Finger." Mechanism and Machine Theory (41): 897-911.
- [5] Purnomo, H. (2014) "Pengukuran Antropometri Tangan Usia 18 sampai 22 Tahun Kabupaten Sleman Yogyakarta." Seminar Nasional IENACO-201. ISSN: 2337-4349
- [6] Jaffar, A., Bahari, M. S., Low, C. Y., and Jaafar, R. (2011) "Design and Control of a Multifingered Anthropomorphic Robotic Hand." International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS, Vol. 11, No.04.
- [7] Azlan, N. Z., and Yamaura, H. (2012) "Anthropomorphic Finger with Optimized Geometric Parameters for Pinching and Grasping Task." Mechanism and Machine Theory (49): 52-66.
- [8] Kuncara, D., Priadythama, I. dan Susmartini, S. (2012) "Desain Optimum Prosthetic Jari Tangan Anthropomorphic 1-DOF dengan Kriteria Kemiripan Gerakan Jari Tangan Manusia. Seminar Nasional Ergonomi 2012. ISBN-978-602-17085-0-7.
- [9] Banks, J. L. (2001) "Design and Control of an Anthropomorphic Robotic Finger with Multi-point Tactile Sensation." Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- [10] Zollo, L., Rocella, S., Guglielmelli, E., Carozza, M. C., and Dario, P. (2007) "Biomechatronic Design and Control of an Anthropomorphic Artificial Hand for Prosthetic and Robotic Applications." IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, No. 4.
- [11] Kurita, Y., Ono, Y., Ikeda, A., and Ogasawara, T. (2011) "Human-Sized Anthropomorphic Robot Hand with Detachable Mechanism at The Wrist." Mechanism and Machine Theory (46): 53-66.