

Desain *Hand Exoskeleton* Rehabilitasi Pergelangan Tangan Lansia *Pasca Stroke* dengan Pendekatan Kemudahan Penggunaan

Soghi Ratu Mappakaya-1^a, Ariani Amri-2^b

^{a, b}Mesin Otomotif, Teknik Elektroika, Politeknik Dewantara
Jalan K.H. Ahmad Razak 2 No. 7, Kota Palopo, Indonesia

*Email : soghiratumappakaya@polidewa.ac.id

Abstrak

Desain perangkat rehabilitasi berbasis hand exoskeleton menjadi salah satu solusi inovatif dalam mendukung pemulihan fungsi motorik pasien pasca stroke, khususnya pada kelompok lansia yang memiliki keterbatasan fisik dan kognitif. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan hand exoskeleton untuk pergelangan tangan dengan pendekatan kemudahan penggunaan, ergonomi, dan kesesuaian antropometri. Metodologi yang digunakan meliputi studi literatur, analisis kebutuhan pengguna, serta penerapan data antropometri lokal dan rentang gerak sehat (*healthy ROM*) sebagai acuan desain. Perangkat ini terdiri atas kerangka utama berbahan PLA hasil cetak 3D yang dipadukan dengan lapisan kain Lycra untuk kenyamanan pemakaian. Mekanisme penggerak menggunakan aktuator linear yang memungkinkan gerakan fleksi dan ekstensi pergelangan tangan secara presisi, dengan posisi aktuator ditempatkan di area lengan bawah untuk mengurangi beban pada sendi. Desain juga dilengkapi sistem pengait sederhana agar alat dapat digunakan secara mandiri oleh lansia. Hasil desain menunjukkan bahwa perangkat ini berpotensi digunakan sebagai alat bantu terapi mandiri di rumah dengan tingkat kenyamanan dan aksesibilitas yang tinggi. Studi ini memberikan kontribusi awal dalam pengembangan alat rehabilitasi yang sederhana, ekonomis, dan ramah pengguna.

Kata Kunci : *Aktuator Linear, Desain Ergonomis, Hand Exoskeleton, Pergelangan Tangan, Rehabilitasi Stroke*

1. Latar Belakang

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kecacatan di Indonesia dan memberikan dampak signifikan terhadap kualitas hidup penderitanya. Setelah melewati fase akut, pasien *stroke* sering mengalami gangguan motorik, khususnya pada anggota gerak atas seperti pergelangan tangan, yang berdampak pada kemampuan mereka dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Dalam konteks ini, rehabilitasi menjadi bagian penting dari proses pemulihan karena bertujuan untuk mengembalikan fungsi gerak dan

meningkatkan kemandirian pasien. Rehabilitasi *pasca stroke* umumnya terbagi menjadi dua pendekatan, yakni aktif dan pasif. Pada pendekatan aktif, pasien secara mandiri menggunakan kekuatan otot untuk melakukan latihan, sedangkan pendekatan pasif melibatkan bantuan fisioterapis atau perangkat bantu rehabilitasi (Hasanah et al, 2019). Salah satu perangkat yang berkembang dalam bidang ini adalah *hand exoskeleton* kerangka mekanik yang dirancang untuk membantu pergerakan tangan pasien dan mendukung proses terapi. Banyak *hand exoskeleton* yang tersedia saat ini masih mengusung desain

yang kompleks dan kurang mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan, terutama bagi pasien lansia. Kelompok usia ini sering kali memiliki keterbatasan fisik dan kognitif yang membuat penggunaan perangkat berteknologi tinggi menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan rancangan *hand exoskeleton* yang tidak hanya fungsional, tetapi juga ergonomis, sederhana dalam pengoperasian, dan ramah bagi pengguna lansia. Sebagai alat bantu rehabilitasi, *hand exoskeleton* memiliki potensi untuk digunakan secara mandiri oleh pasien *pasca stroke* (Al Isyrofie et al, 2020; Yu et al, 2019). Terdapat dua jenis pendekatan sistem penggerak yang umum digunakan, yaitu berbasis kekuatan otot dan berbasis sistem kontrol dengan aktuator. Sistem berbasis kontrol dianggap lebih fleksibel karena dapat memberikan gerakan terapi meskipun pasien tidak mampu menggerakkan tangannya secara aktif (Mahardika, 2018). Akan tetapi, sebagian besar perangkat yang sudah ada masih belum dirancang secara spesifik untuk kemudahan akses oleh lansia. Dalam penelitian ini, fokus utama adalah mendesain perangkat *hand exoskeleton* untuk rehabilitasi pergelangan tangan pasien lansia *pasca stroke*, dengan pendekatan yang menekankan pada kemudahan penggunaan. Diharapkan, rancangan ini dapat menjadi solusi inovatif yang lebih praktis, efektif, dan mampu meningkatkan kenyamanan serta kemandirian pengguna dalam menjalani terapi rehabilitasi secara mandiri (Amali et al, 2021).

2. Metodologi

Desain *hand exoskeleton* untuk rehabilitasi pergelangan tangan pada lansia *pasca stroke* dalam penelitian ini disusun berdasarkan pendekatan teoritis melalui studi literatur, data *antropometri*, serta prinsip ergonomi dan kemudahan penggunaan. Fokus utama desain adalah menciptakan perangkat yang sederhana, ringan, dan mudah dioperasikan secara

mandiri oleh pengguna lansia. Langkah awal dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi terkait rehabilitasi *stroke*, teknologi *hand exoskeleton*, dan kebutuhan khusus pasien lansia. Studi ini mencakup perbandingan terhadap berbagai pendekatan sistem kontrol dan mekanisme gerak yang telah dikembangkan sebelumnya. Hasil kajian menunjukkan bahwa perangkat yang terlalu kompleks secara mekanik maupun kontrol tidak cocok untuk kelompok pengguna lansia yang umumnya mengalami keterbatasan motorik halus dan kognitif. Untuk memastikan kesesuaian desain dengan ukuran tangan populasi lansia di Indonesia, digunakan data *antropometri* dari penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Data *Antropometri* Tangan

Dimensi	mm
Panjang Telapak Tangan	100
Lebar Telapak Tangan	81
Tebal Telapak Tangan	31

Sumber: (Azmi, 2020)

Sebagai dasar dalam menentukan batas mekanik gerakan perangkat, digunakan data *Healthy Range of Motion* (ROM) pergelangan tangan. Secara umum, rentang fleksi pergelangan tangan berkisar antara 70–90 derajat, sedangkan ekstensi berada pada kisaran 60–75 derajat (Kabir et al, 2022). Rentang ini menjadi referensi penting untuk memastikan bahwa desain tidak membatasi gerakan alami, serta mencegah risiko cedera akibat pembebanan berlebih selama penggunaan alat.

Desain perangkat mengikuti prinsip ergonomi dengan memperhatikan aspek kenyamanan, kemudahan pemakaian, dan keamanan. Bentuk kerangka disesuaikan agar mengikuti kontur alami pergelangan tangan dan memberikan ruang gerak fleksibel pada arah fleksi dan ekstensi. Sistem pemasangan dirancang agar dapat digunakan secara mandiri, tanpa bantuan dari orang lain, untuk meningkatkan kemandirian pengguna. Komponen kontrol dan aktuasi dirancang secara modular dan

tidak ditempatkan langsung pada pergelangan tangan. Sebaliknya, sistem penggerak utama seperti motor atau mekanisme pasif direncanakan berada di

area lengan bawah untuk mengurangi beban pada sendi pergelangan, serta menjaga kenyamanan selama sesi terapi.

3. Hasil dan Pembahasan

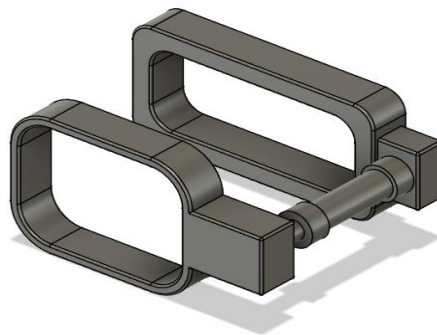
Desain *hand exoskeleton* yang diajukan dalam penelitian ini dikembangkan dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan yang umumnya dihadapi oleh pasien lansia pasca stroke, khususnya dalam hal fleksibilitas gerakan, kekuatan otot, dan keterbatasan kognitif. Perbedaan utama rancangan ini dibandingkan dengan desain yang telah ada terletak pada pendekatan minimalis dan fokus terhadap kemudahan penggunaan.

Sebagian besar perangkat *exoskeleton* yang tersedia di pasaran maupun dalam studi terdahulu menggunakan kerangka rigid yang menutup hampir seluruh bagian tangan, serta mengandalkan aktuator *multi-joint* untuk mendukung berbagai jenis gerakan. Pendekatan tersebut memiliki keunggulan dalam hal kelengkapan fungsionalitas, namun dapat menghadirkan tantangan tersendiri ketika diterapkan pada kelompok pengguna lanjut usia terutama dari sisi bobot, fleksibilitas, dan kebutuhan bimbingan dalam penggunaannya. Sebaliknya, rancangan dalam penelitian ini menggunakan mekanisme satu derajat kebebasan (DoF) yang difokuskan pada gerakan fleksi dan ekstensi pergelangan tangan. Pemilihan aktuator linear sebagai

sistem penggerak dipertimbangkan karena kemampuannya menghasilkan gerakan yang lebih presisi, stabil, dan mudah dikendalikan. Aktuator ini juga dapat ditempatkan secara strategis di bagian lengan bawah, sehingga tidak menambah beban langsung pada pergelangan tangan.

Dari sisi material, desain memanfaatkan kombinasi antara bahan PLA hasil cetak 3D dan kain berbahan Lycra yang dijahit mengikuti kontur tangan. Pemilihan Lycra didasarkan pada karakteristiknya yang elastis, ringan, dan nyaman, serta mampu memberikan fleksibilitas yang diperlukan dalam pergerakan pergelangan tangan. Integrasi dua material ini memungkinkan alat dapat digunakan dalam waktu lama tanpa mengurangi kenyamanan, sekaligus memudahkan proses perakitan dan adaptasi dengan bentuk tangan pengguna.

Aspek ergonomis diperkuat dengan mengacu pada data rentang gerak sehat (healthy ROM) pergelangan tangan, yakni fleksi 70–90° dan ekstensi 60–75° (Azmi, 2020). Rentang ini dijadikan batas desain agar perangkat tidak membatasi gerakan alami, serta tetap berada dalam zona aman bagi pasien yang sedang menjalani terapi pemulihan.



Gambar 1. *Hand Exoskeleton* Pergelangan Tangan

4. Kesimpulan

Rancangan hand exoskeleton yang ditujukan untuk mendukung rehabilitasi pergelangan tangan lansia pasca stroke. Desain difokuskan pada kemudahan penggunaan, ergonomi, dan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna lanjut usia yang memiliki keterbatasan fisik dan kognitif. Perangkat dirancang dengan struktur modular berbahan PLA hasil cetak 3D, dikombinasikan dengan lapisan kain Lycra untuk kenyamanan pemakaian. Mekanisme penggerak menggunakan aktuator linear yang ditempatkan di area lengan bawah guna mengurangi beban langsung pada sendi pergelangan. Rancangan ini juga mengacu pada data antropometri lokal dan rentang gerak sehat (healthy ROM) untuk memastikan bahwa alat bekerja secara optimal tanpa membatasi gerakan alami pergelangan tangan. Sistem pengait yang sederhana memungkinkan penggunaan mandiri oleh pasien lansia di lingkungan rumah.

Desain ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam bidang rehabilitasi pasca stroke yang bersifat praktis, terjangkau, dan inklusif. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian performa prototipe secara klinis guna mengukur efektivitasnya dalam mempercepat proses rehabilitasi.

Daftar Pustaka

- [1] Al Isyrofie, A. I. F., Arifin, A., & Arrofiqi, F. (2020). Robotic Glove Menggunakan Hybrid Functional Electrical Stimulation (FES) dan Exoskeleton untuk Rehabilitasi Tangan Manusia. *J. Tek. ITS*, 9(1), 24-28.
- [2] Amali, L. Y., & Batan, I. M. L. (2021). Perancangan alat rehabilitasi pergelangan tangan pasien pasca stroke yang digerakkan motor servo. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 10(1), 489319. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v10i1.59127>
- [3] Azmi, A. (2020). Perancangan alat pencuci ubi kayu dengan pendekatan antropometri. *Jurnal Unitek*, 13(2), 1-10. <https://doi.org/10.52072/unitek.v13i2.134>
- [4] Hasanah, M., Gofir, A., & Setyopranoto, I. (2019). Neurorehabilitasi motorik pasca stroke. *Berkala Neurosains*, 18(2), 51-56. <https://doi.org/10.22146/bns.v18i2.54998>
- [5] Kabir, R., Sunny, M. S. H., Ahmed, H. U., & Rahman, M. H. (2022). Hand rehabilitation devices: A comprehensive systematic review. *Micromachines*, 13(7), 1033. <https://doi.org/10.3390/mi13071033>
- [6] Mahardika, P. S. (2018). *Desain Power-Grip Exoskeleton*
- [7] Yu, S., Perez, H., Barkas, J., Mohamed, M., Eldaly, M., Huang, T. H., ... & Edwards, D. J. (2019, April). A soft high force hand exoskeleton for rehabilitation and assistance of spinal cord injury and stroke individuals. In *Frontiers in Biomedical Devices* (Vol. 41037, p. V001T09A011). American Society of Mechanical Engineers. <https://doi.org/10.1115/DMD2019-3268>