

Hand Training Bagi Penderita Stroke Menggunakan 3D Printing

Hasdiansah^{1*}, Yogi ilyasyah², Zaldy S. Suzen³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

^{*}phiannttarah@yahoo.co.id

Abstract

Stroke is one of the leading causes of disability in Indonesia, often affecting motor functions, particularly in the hands. Rehabilitation plays a crucial role in restoring these functions. This study aims to design and develop a hand training device for stroke patients using 3D printing technology and a soft pneumatic actuator system. The process began with CAD-based design, followed by fabrication using Fused Deposition Modeling (FDM) 3D printing with TPU material, and final assembly of all components. Testing results showed that the device could effectively perform finger flexion movements at air pressures ranging from 0.49 MPa, and was capable of gripping objects such as a spiked ball. This device offers an affordable, customizable, and flexible rehabilitation solution to assist stroke patients in regaining hand motor function.

Keywords: stroke, hand rehabilitation, 3D printing, soft actuator, hand training, TPU

Abstrak

Stroke merupakan salah satu penyebab utama kecacatan di Indonesia yang berdampak pada fungsi motorik, terutama pada tangan. Rehabilitasi menjadi langkah penting dalam proses pemulihan fungsi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat hand training bagi penderita stroke menggunakan teknologi 3D printing dan sistem aktuator lunak pneumatik. Proses dimulai dengan desain alat menggunakan perangkat lunak CAD, kemudian dicetak dengan mesin 3D printing FDM menggunakan bahan TPU, dan dirakit secara menyeluruh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini dapat melakukan gerakan fleksi jari dengan efektif pada tekanan udara hingga 0,49 MPa, serta mampu menggenggam objek seperti bola berduri. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif terapi yang terjangkau, fleksibel, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan pasien stroke.

Kata kunci: stroke, rehabilitasi tangan, 3D printing, aktuator lunak, hand training,

1. Pendahuluan

Di Indonesia, prevalensi *stroke* menunjukkan tren peningkatan dari tahun ke tahun. Berdasarkan Riskesdas 2018, prevalensi *stroke* mencapai 10,9 per mil, dengan angka tertinggi pada kelompok usia lanjut [1]. *Stroke* merupakan salah satu masalah kesehatan utama di dunia yang menimbulkan beban besar terhadap individu, keluarga, dan sistem kesehatan. Menurut data *Global Burden of Disease*, *stroke* merupakan penyebab kedua kematian dan ketiga kecacatan jangka panjang secara global [2]. Kondisi ini menimbulkan konsekuensi serius, termasuk hilangnya fungsi motorik, keterbatasan aktivitas sehari-hari, serta meningkatnya beban biaya kesehatan [3].

Salah satu dampak utama *stroke* adalah gangguan fungsi motorik pada tangan. Pasien sering mengalami kelemahan hingga kelumpuhan yang menyebabkan kesulitan dalam aktivitas dasar seperti menggenggam, menulis, maupun makan. Oleh karena itu, rehabilitasi tangan menjadi bagian penting dalam proses pemulihan pasca *stroke* untuk mengembalikan fungsi

motorik, meningkatkan kemandirian, dan memperbaiki kualitas hidup pasien [4].

Seiring perkembangan teknologi, metode rehabilitasi kini tidak hanya mengandalkan terapi manual, tetapi juga memanfaatkan perangkat berbasis robotik dan exoskeleton. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *exoskeleton* dapat meningkatkan efektivitas latihan tangan melalui gerakan yang lebih terarah dan intensif [5]. Pendekatan lain, seperti *mirror therapy* dan *game-based therapy* yang dikombinasikan dengan perangkat robotik, juga terbukti mampu meningkatkan motivasi serta keterlibatan pasien dalam latihan [6]. Inovasi terbaru dalam bidang rehabilitasi adalah pemanfaatan 3D printing untuk pembuatan perangkat terapi. Teknologi ini memungkinkan produksi alat rehabilitasi dengan biaya lebih rendah, waktu pembuatan lebih singkat, serta desain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu [7]. Seiring meningkatnya penggunaan aktuator lunak pneumatik dalam perangkat rehabilitasi, aspek sistem kontrol tekanan udara

menjadi bagian penting untuk memastikan gerakan yang halus, aman, serta sesuai kebutuhan terapeutik pasien. Sistem kontrol pada soft actuator bekerja dengan mengatur besarnya tekanan udara yang masuk ke ruang aktuasi sehingga menghasilkan gerakan fleksi ataupun ekstensi yang stabil. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengendalian tekanan yang presisi dapat meningkatkan akurasi pergerakan dan mengurangi risiko overpressure pada jari pasien [8], sementara perangkat soft robotic glove modern mengintegrasikan kontrol fluida untuk mendukung latihan rehabilitasi yang lebih efektif dan aman [9].

Bahan *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) sering digunakan dalam pencetakan perangkat medis karena memiliki sifat elastis, fleksibel, dan biokompatibel sehingga aman digunakan [10]. Penelitian terkini juga menunjukkan efektivitas aktuator lunak pneumatik berbahan TPU yang dihasilkan melalui 3D printing dalam membantu pergerakan jari. Alat ini terbukti mampu menghasilkan gaya output yang cukup untuk mendukung latihan motorik dasar pada pasien stroke [11]. Dengan memadukan teknologi 3D printing dan sistem pneumatik, perangkat hand training dapat menjadi solusi alternatif rehabilitasi yang terjangkau, fleksibel, dan efektif digunakan dalam konteks pelayanan kesehatan di Indonesia [12].

Selain itu, penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa penggunaan perangkat wearable berbasis sensor mampu meningkatkan monitoring perkembangan rehabilitasi pasien stroke secara real-time, sehingga efektivitas latihan lebih mudah dievaluasi [13]. Kajian sistematis lain menegaskan bahwa integrasi teknologi robotik dengan pendekatan terapi konvensional memberikan hasil lebih signifikan dibandingkan metode tradisional saja [14]. Bahkan, penggunaan sistem pneumatik berbasis aktuator lunak dinilai lebih aman dibandingkan aktuator rigid karena mampu menyesuaikan tekanan dengan kontur tangan pasien [15]. Penerapan teknologi augmented reality (AR) dalam latihan rehabilitasi juga semakin berkembang, karena terbukti mampu meningkatkan keterlibatan pasien dalam program latihan harian [116]. Dengan adanya tren tersebut, inovasi dalam pengembangan perangkat terapi berbasis teknologi semakin relevan untuk mendukung pemulihan pasien stroke.

Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengujian perangkat *hand training* berbasis 3D printing dan aktuator lunak pneumatik sebagai solusi alternatif yang terjangkau, dapat disesuaikan dengan kebutuhan pasien, serta efektif dalam membantu pemulihan fungsi motorik tangan pasca stroke [17].

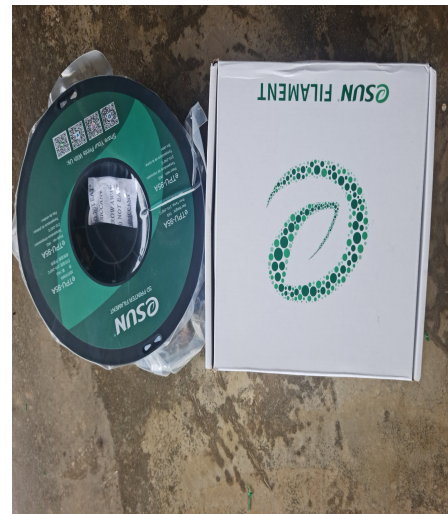
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pengujian untuk menganalisis kinerja alat *hand training* menggunakan udara. Rancangan sistem

terdiri dari kompresor yang menggerakkan penggerak jari. Pada penelitian ini digunakan filamen TPU, yang dikerenakan kelenturan yang stabilitas.

Pengukuran tekanan udara dilakukan dengan menggunakan regulator tekanan yang di sambungkan menggunakan selang ke kompresor.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin 3D printing sebagai alat untuk membuat komponen penggerak jari, filamen TPU sebagai material cetak yang lentur dan cocok untuk aktuator lunak, serta regulator tekanan yang berfungsi mengatur kestabilan tekanan udara selama proses pengujian. Penelitian ini juga menggunakan kompresor sebagai penghubung untuk menyalurkan udara ke aktuator. Seluruh komponen tersebut bekerja bersama dalam proses pembuatan dan pengujian performa alat *hand training* berbasis sistem pneumatik. ditunjukkan pada Gambar 1,2 dan 3.



Gambar 1. *Thermoplastic Polyurethane* (TPU)

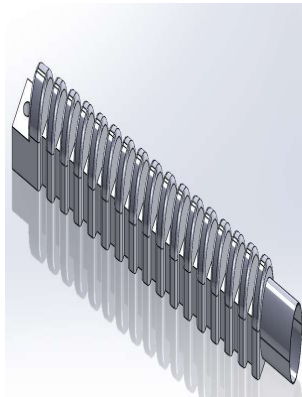


Gambar 2. kompresor

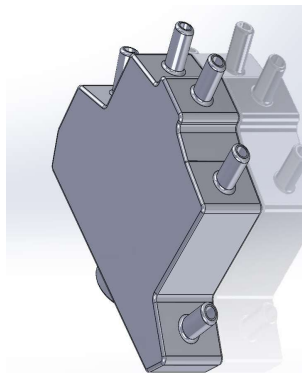


Gambar 3. Regulator tekanan

Desain penggerak jari dan ruang penyalur udara dibuat menggunakan perangkat lunak *solidworks*. Desain ini dioptimalkan untuk diaplikasikan pada sistem penggerak dengan kompresor, sehingga mampu menghasilkan gerak pada penggerak jari. Ruang penyalur udara didesain dan dicetak menggunakan 3D printing untuk menyalurkan udara pada setiap penggetak jari ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

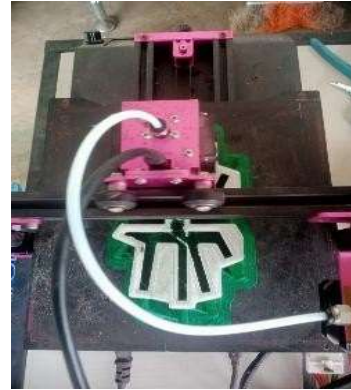


Gambar 4. Desain penggerak jari



Gambar 5. Ruang penyalur udara

Tahapan pembuatan alat *hand training* dilakukan melalui beberapa proses manufaktur, dimulai dari mencetak komponen seperti penggerak jari, ruang penyalur udara, pengeleman komponen yang sudah dicetak menggunakan 3D printing. Ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Penyetakan 3D printing

Proses pengujian gaya dorong pada alat *hand training* dilakukan dengan memanfaatkan kompresor sebagai sumber tekanan utama. Udara bertekanan dialirkan melalui selang pneumatik berdiameter 10 mm menuju regulator tekanan untuk memastikan nilai tekanan sesuai dengan kebutuhan perhitungan teoritis. Dari regulator, aliran udara dibagi melalui sambungan tipe Y untuk menyalurkan tekanan secara seimbang ke dua aktuator melalui ruang penyalur udara. Pengujian ini difokuskan pada kemampuan aktuator menghasilkan gerakan fleksi jari serta kekuatan genggam terhadap objek uji berupa bola berduri. Hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan perhitungan teoritis sehingga kinerja alat dapat dinilai secara kuantitatif. Skema pengujian ditampilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Alat Uji Hand Training



Gambar 8. Proses Pengujian

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan ditampilkan dalam bentuk gambar yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Tabel 1. data uji coba

no	Uji coba ke	Tekana MPa
1	1	0,44
2	2	0,46
3	3	0,46
4	4	0,48
5	5	0,49
6	6	0,45
7	7	0,47
8	8	0,48
9	9	0,49
10	10	0,49



Gambar 9. Diagram batang hasil uji coba

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 9, hasil uji alat *hand training* bagi penderita stroke ini bisa menggenggam bola mainan berduri pada tekanan 0,49 Mpa. Pada saat uji coba ada 7 penggerak jari mengalami kebocoran mengakibatkan uji coba kurang maksimal disebabkan pada proses pembuatan penggerak jari belum benar dibagian plorat. Dikarenakan waktunya singkat untuk menyetak ulang pada penggerak jari tidak disarankan jadi untuk mengatasi kebocoran saya melapisi dengan nodrop transfaran pada bagian yang bocor. Setelah saya memperbaiki kebocoran saya melakukan pengujian lagi pada alat ini dengan hasil tekanan yang sama yaitu 0,49 Mpa alat *hand training* bisa menggenggam bola berduri lebih sempurna dibandingkan uji coba sebelumnya Berdasarkan ketentuan untuk produk *exoskeleton* ini dapat menghasilkan nilai motorik minimal yaitu pasien sudah dapat menggerakkan bagian tubuhnya yang lemah. berdasarkan ketentuan tersebut maka alat *hand training* penderita strok pada penelitian ini sudah memenuhi persyaratan.

3. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membuat alat terapi tangan (*hand training*) untuk penderita stroke dengan menggunakan teknologi 3D

printing dan sistem aktuator lunak pneumatik. Proses perancangan melibatkan desain komponen menggunakan SolidWorks, pencetakan menggunakan mesin 3D printing FDM dengan material TPU, serta perakitan pada rangka meja berbahan baja hollow. Berdasarkan hasil pengujian, alat ini mampu menghasilkan gerakan fleksi jari yang efektif dan dapat menggenggam objek (seperti bola berduri) pada tekanan udara 0,49 MPa. Hal ini membuktikan bahwa alat dapat digunakan sebagai alternatif terapi motorik tangan bagi pasien stroke. Sistem kontrol tekanan udara dapat ditingkatkan agar alat lebih aman dan mudah dioperasikan oleh tenaga medis atau keluarga pasien.

4. Daftar Rujukan

- [1]. Kementerian Kesehatan RI., 2019. Laporan Nasional Riskesdas 2018. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kemenkes RI.
- [2]. Feigin, V. L., Norrving, B., Mensah, G. A., 2019. Global burden of stroke. *Circulation Research*, 120 (3), pp.439–448.
- [3]. World Health Organization (WHO), 2019. *Stroke: Key facts*. Tersedia di : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/stroke>
- [4]. Arnanda, R., 2022. Asuhan keperawatan pada pasien stroke iskemik masa rehabilitasi. *Jurnal Keperawatan Neuro*, 3 (2), pp.112–118.
- [5]. Yumna, H., Arifin, A., Babgei, A., 2021. Kontrol eksoskeleton tangan dengan sensor taktil untuk rehabilitasi pasien pasca stroke. *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), pp.2337-3539.
- [6]. Liang, C., Yang, T., Liu, R., Yu, J., Hu, M., Wang, L., 2022. Efficiency of rehabilitation robotic gloves combined with mirror therapy on functional recovery of hemiplegic upper limbs. *Journal of Anesthesia & Pain Medicine*, 7 (3), pp.91–98.
- [7]. Yang, S., Koh, C., Hsu, C., Chen, P., Chen, J., Lan, Y., 2021. An instrumented glove-controlled portable hand-exoskeleton for bilateral hand rehabilitation. *Biosensors*, 11 (12), pp.495.
- [8]. Trivedi, D., Rahn, C. D., Kier, W. M., Walker, I. D., 2008. Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research. *Applied Bionics and Biomechanics*, 5 (3), pp.99–117,
- [9]. Polygerinos, P., et al., 2015. Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation. *Robotics and Autonomous Systems*, 73, pp. 135–143.
- [10]. Sadana, K., 2018. Pemanfaatan teknologi 3D printing dalam proses desain produk gaya hidup. *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, pp.123–129.
- [11]. Kabir, R., Sunny, M., Ahmed, H., Rahman, M., 2022. Hand rehabilitation devices: A comprehensive systematic review. *Micromachines*, 13 (5), 789.
- [12]. Jianwei, L., Aiguo, S., Senior, M., 2023. A novel soft glove utilizing honeycomb pneumatic actuators for assisting activities of daily living. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31 (5), pp.432–441.
- [13]. Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., Rodgers, M., 2012. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9 (21), pp.1–17.
- [14]. Veerbeek, J. M., Langbroek-Amersfoort, A. C., van Wegen, E. E. H., Meskers, C. G. M., Kwakkel, G., 2017. Effects of robot-assisted therapy for the upper limb after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31 (2), pp.107–121.

[15]. Polygerinos, P., Correll, N., Morin, S. A., Mosadegh, B., Onal, C. D., Petersen, K., Walsh, C. J., 2017. Soft robotics: Review of fluid-driven intrinsically soft devices; manufacturing, sensing, control, and applications in human-robot interaction. *Advanced Engineering Materials*, 19 (12), 1700016.

[16]. Cameirão, M. S., Bermúdez i Badia, S., Duarte, E., Verschure, P. F. M. J., 2011. Virtual reality based rehabilitation speeds up

functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the Rehabilitation Gaming System. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 29 (5), pp.287–298.

[17]. Kim, J., Park, H., Kang, B. B., 2020. Soft wearable robotic hand with integrated sensing of grasping forces for rehabilitation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5 (3), pp.3625–3632.