

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK ALAT TERAPI JARI UNTUK MEMBANTU PROSES REHABILITASI PASIEN PASCA STROKE

*Rizal Mustofa¹, Rifky Ismail², Budi Setiyana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email: rizalmustofa6661@gmail.com

ABSTRAK

Stroke merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia yang disebabkan oleh sumbatan dan pecahan pembuluh darah. Untuk mengembalikan fungsinya kembali, diperlukan proses rehabilitasi, salah satunya menggunakan alat terapi jari. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur alat terapi jari, baik pada struktur penyangga lengan maupun pada struktur telapak tangan. Penelitian ini menggunakan simulasi *software* ANSYS 2019 R3 untuk mengetahui kekuatan struktur yang mampu diterima pada alat terapi jari. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan adalah tegangan maksimum sebesar 0,087 MPa pada struktur penyangga lengan bawah dan 45,798 MPa pada struktur penyangga telapak tangan. Nilai deformasi totalnya sebesar 0,001 mm pada struktur penyangga lengan bawah dan 1,2 mm pada struktur penyangga telapak tangan. Sedangkan nilai safety factor yang didapatkan adalah 15 pada struktur penyangga lengan bawah dan 1.18 pada struktur penyangga telapak tangan. Dari hasil tersebut struktur dinyatakan aman dan dapat menahan beban maksimumnya.

Kata kunci: alat terapi jari; FEM; perancangan produk; stroke

ABSTRACT

Stroke is one of the leading causes of death in the world caused by blockage and broken blood vessels. To restore its function back, a rehabilitation process is needed, one of which is using finger therapy tools. The purpose of this study was to determine the structural strength of the finger therapy device, both on the support structure of the arm and on the structure of the palm of the hand. This study uses the software to determine the acceptable structural strength of the finger therapy device. Based on the simulations that have been carried out, the results obtained are the maximum stress of 0.087 MPa on the forearm support structure and 45,798 MPa on the palm support structure. The total deformation value is 0.001 mm in the forearm support structure and 1.2 mm in the palm support structure. While the safety factor value obtained is 15 on the forearm support structure and 1.18 on the palm support structure. From these results the structure is declared safe and can withstand the maximum load.

Keywords: FEM; finger therapy device; product design; stroke

1. Pendahuluan

Stroke selama ini sudah menjadi momok yang menakutkan bagi masyarakat di Indonesia bahkan dunia, khususnya bagi golongan usia tua atau lansia. Dari dulu sudah banyak manusia meninggal akibat penyakit stroke dan menempati salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia. Jika seseorang sudah menderita penyakit stroke, kebanyakan dari mereka akan mengalami cacat ringan maupun berat pada bagian tertentu pada tubuh yang terkena stroke, mengakibatkan mereka akan kesulitan untuk melakukan aktivitas sehari-hari sehingga pasien penderita stroke membutuhkan bantuan orang lain ataupun alat bantu. Penelitian tentang penyakit stroke telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, salah satunya adalah dilakukan oleh Zakariyah [1] dan terdapat juga penelitian mengenai teknologi alat kesehatan berbasis robotik [2,3].

Program rehabilitasi merupakan bentuk dari pelayanan kesehatan terpadu dengan melakukan pendekatan medik, psikososial, edukasi vokasional yang bertujuan untuk menghasilkan kemampuan fungsional semaksimal mungkin dan mencegah serangan berulang [4]. Dalam melakukan proses rehabilitasi tentunya membutuhkan beberapa aktor yang akan terlibat mulai dari dokter spesialis syaraf, dokter rehabilitasi medik, perawat, fisioterapis, pasien, keluarga pasien, dan pihak-pihak lain yang secara tidak langsung ikut terlibat. Menurut [5] mengatakan bahwa program rehabilitasi tidak hanya terbatas pada pemulihan kondisi saja, namun juga mencakup rehabilitasi yang bersifat penuh kasih sayang, psikososial, serta rasa empati yang luas, guna membangkitkan semangat pada pasien.

Salah satu jenis gerakan latihan untuk pasien pasca stroke adalah Range of Motion (ROM). ROM adalah jumlah maksimal gerakan yang bisa dilakukan sendi pada salah satu dari tiga potongan tubuh, yaitu frontal, sagital, dan transversal. Potongan frontal adalah garis yang melewati tubuh dari sisi ke sisi dan membagi tubuh menjadi bagian depan ke belakang. Yang disebut sebagai potongan sagital adalah garis yang melewati tubuh dari depan ke belakang, dan membagi tubuh menjadi bagian kiri dan kanan. Sedangkan potongan transversal adalah garis horizontal yang membagi

tubuh menjadi bagian atas dan bawah [6]. Latihan ROM merupakan sekumpulan gerakan yang dilakukan pada bagian sendi yang bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kekuatan otot. ROM merupakan latihan yang digunakan untuk mempertahankan atau memperbaiki tingkat kesempurnaan kemampuan untuk menggerakkan persendian secara normal dan lengkap untuk meningkatkan masa otot dan tonus otot. Latihan ROM dapat menggerakkan persendian seoptimal dan seluas mungkin sesuai kemampuan seseorang dan tidak menimbulkan rasa nyeri pada sendi yang digerakkan [7].

Sudah banyak sumber referensi yang membahas tentang perancangan dan pengembangan produk. Misalnya pada bukunya [8] yang berjudul Perancangan Produk, mengatakan bahwa kegiatan desain atau perancangan produk merupakan hal yang penting dan mutlak untuk dilakukan sebelum melakukan proses produksi suatu produk, karena dalam tahapan desain atau perancangan produk akan diperoleh informasi terkait deskripsi secara detail dari benda yang akan dibuat, sehingga akan memudahkan proses produksi. Pengertian pengembangan produk menurut [9] mengatakan bahwa pengembangan produk adalah kegiatan interdisipliner yang membutuhkan kontribusi dari hampir semua fungsi perusahaan, namun tiga fungsi hampir selalu menjadi pusat proyek pengembangan produk:

a. Pemasaran

Fungsi pemasaran menengahi interaksi antara perusahaan dan pelanggannya. Pemasaran seringkali memfasilitasi identifikasi peluang produk, definisi segmen pasar, dan identifikasi kebutuhan pelanggan. Pemasaran juga biasanya mengatur komunikasi antara perusahaan dan pelanggannya, menetapkan harga target, dan mengawasi peluncuran dan promosi produk.

b. Desain

Fungsi desain memainkan peran utama dalam menentukan bentuk fisik produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dengan sebaik-baiknya. Dalam konteks ini, fungsi desain meliputi desain rekayasa (mekanik, elektrik, perangkat lunak, dll.) dan desain industri (estetika, ergonomi, antarmuka pengguna).

c. Manufaktur

Fungsi manufaktur terutama bertanggung jawab untuk merancang, mengoperasikan, dan/atau mengoordinasikan sistem produksi untuk menghasilkan produk. Didefinisikan secara luas, fungsi manufaktur juga sering mencakup pembelian, distribusi, dan pemasangan. Kumpulan aktivitas ini kadang-kadang disebut rantai pasokan.

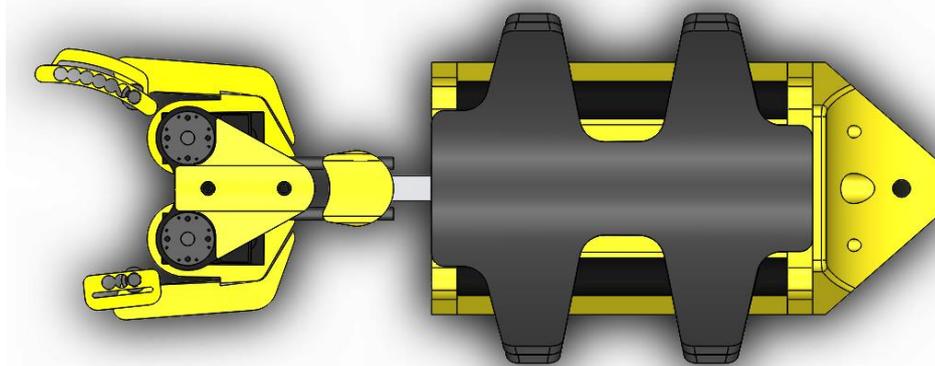
Sebuah produk mekanikal harus dirancang atau didesain agar tidak mengalami kegagalan pada kondisi operasinya. Artinya, produk yang akan dibuat harus kuat menanggung beban ketika dioperasikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa besarnya beban yang ada harus kurang dari atau sama dengan batas kekuatan produk yang bersangkutan. Beban yang akan ditanggung harus bisa ditahan oleh bahan/material dari produk tersebut dibuat. Setiap produk mempunyai batas kekuatan yang dipengaruhi oleh jenis bahan/material dan desain yang digunakan [10].

Akan terjadi luluh bilamana invarian kedua deviator tegangan J_2 melampaui harga kritis tertentu [11]. Dengan kata lain, luluh akan terjadi pada saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk [12].

2. Metode penelitian

2.1. Desain

Alat terapi jari merupakan alat kesehatan yang berbasis robotic sebagai solusi bagi pasien penderita stroke, terutama yang mengalami stroke dibagian jari tangan. Alat terapi jari membantu proses rehabilitasi untuk melatih kinerja pada syaraf yang tidak berfungsi akibat terkena stroke, sehingga syaraf pada tangan bisa berfungsi kembali, khususnya dibagian jari-jari tangan. Alat terapi jari juga sudah dilengkapi dengan remot kontrol, sehingga memudahkan penggunaan alat secara otomatis pada pasien. Alat ini mudah dioperasikan dan bisa digunakan dimanapun tanpa harus terapi ke Rumah Sakit, sehingga tidak memakan waktu banyak. Alat ini juga termasuk ekonomis jika dibandingkan dengan membeli obat syaraf bagi penderita stroke. Desain yang akan dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat terapi jari

2.2. Material yang digunakan

Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah poly lactic acid (PLA). Material ini dipilih karena agar mendapatkan hasil produksi alat terapi jari yang ringan dan beban yang akan diterima juga tidak terlalu besar. Berikut *mechanical properties* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Mechanical properties* PLA

Mechanical Properties	Nilai
Density	1250 kg/m ³
Tensile Strength, Ultimate	59,2 MPa
Tensile Strength, Yield	54,1 MPa
Modulus of Elasticity	3450 MPa
Poisson's Ratio	0,39
Shear Modulus	1241 MPa

2.3. Pembebanan

Menentukan nilai safety factor menggunakan bantuan software ANSYS 2019 R3. Berat telapak tangan menurut Clauser dkk (1969) mengatakan bahwa perbandingan antara berat badan dengan berat telapak tangan adalah 0.8% dari berat badan. Jika rata-rata berat badan pasien 65 Kg, maka berat telapak tangannya adalah 0.52 Kg atau 520 gram. Data yang diperlukan selanjutnya adalah berat lengan bawah tangan. Berat lengan dihitung menggunakan perbandingan antara berat lengan dengan berat badan, dengan perbandingan 1.8%. Berat badan rata-rata adalah 65 Kg maka berat lengan adalah 1.17 Kg. Sehingga total berat lengan bawah dan telapak tangan adalah 1.69 Kg.

Data yang digunakan adalah:

$$m_1 = 0.52 \text{ Kg (telapak tangan)}$$

$$m_2 = 1.17 \text{ Kg (lengan bawah)}$$

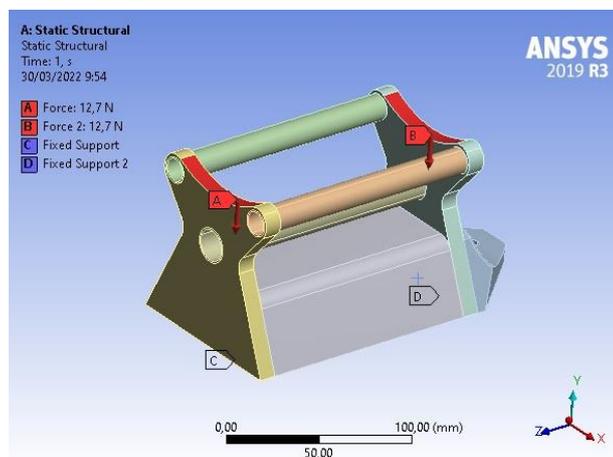
$$\begin{aligned} m_{\text{total}} &= m_1 + m_2 \\ &= 0.52 + 1.17 \\ &= 1.69 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= m_{\text{total}} \times g \\ &= 1.69 \times 9.81 \\ &= 16.58 \text{ N} \\ &= 25.41 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Berarti: } F_1 = 12.7 \text{ N}$$

$$F_2 = 12.7 \text{ N}$$

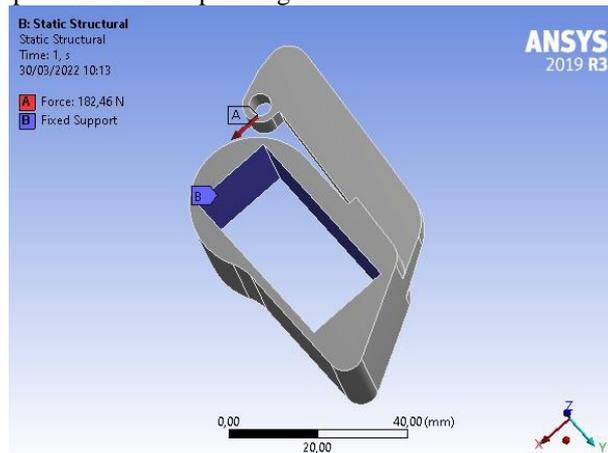
Pengujian kekuatan struktur dilakukan pada part yang mendapatkan gaya dari manusia, baik dari lengan bawah maupun dari kekuatan genggam tangan. Berikut merupakan pembebanan yang diberikan untuk mengukur kekuatan struktur menggunakan ANSYS 2019 R3 untuk mengetahui nilai safety factor. Gambar 2 merupakan variasi pembebanan yang diberikan pada rangka penyangga lengan bawah.



Gambar 2. Variasi pembebanan pada rangka penyangga lengan

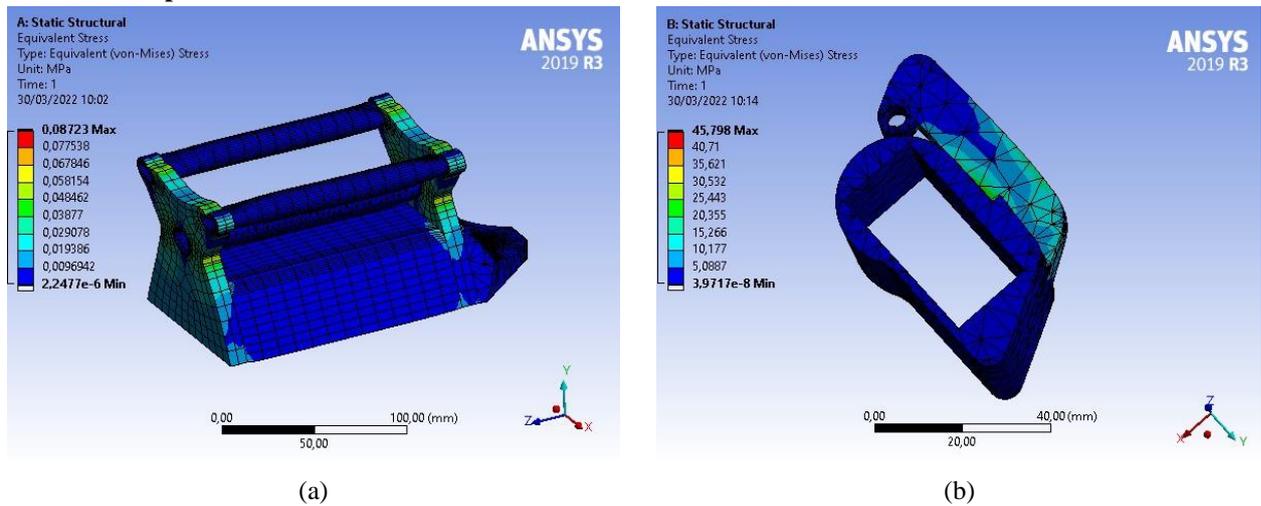
Variasi pembebanan juga dilakukan pengujian pada struktur tempat telapak tangan untuk mengetahui kekuatan struktur pada saat menerima beban. Beban yang diberikan berdasarkan beban maksimal yang mungkin diberikan pada

alat yang diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Sulistini [13] yaitu sebesar 18.6 Kg atau 182.46 N. Gambar 3 merupakan variasi pembebanan pada struktur telapak tangan.



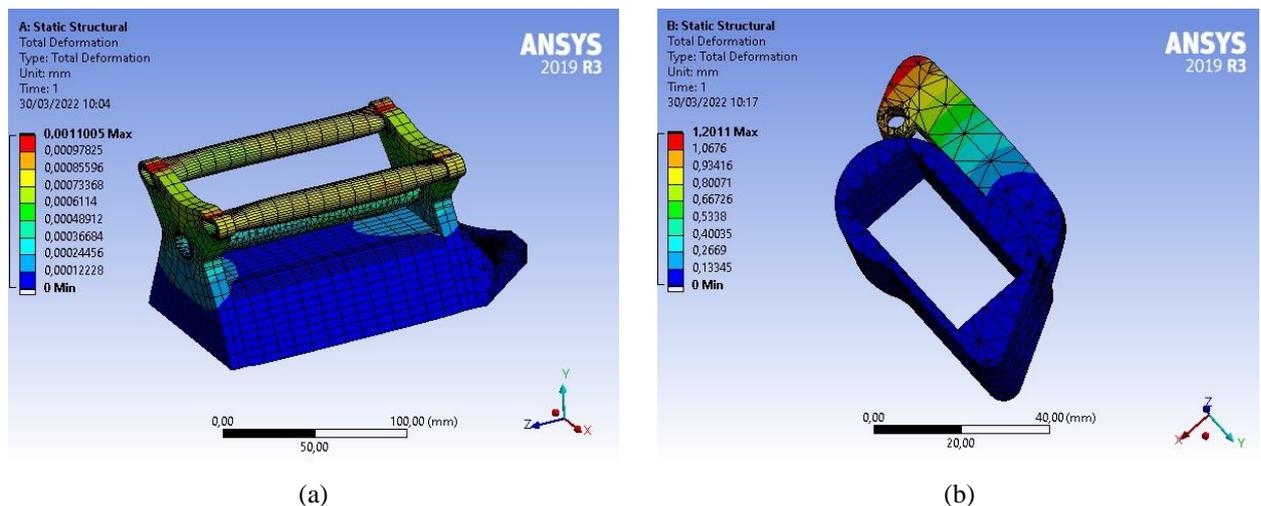
Gambar 3. Pembebanan pada struktur telapak tangan

3. Hasil dan pembahasan



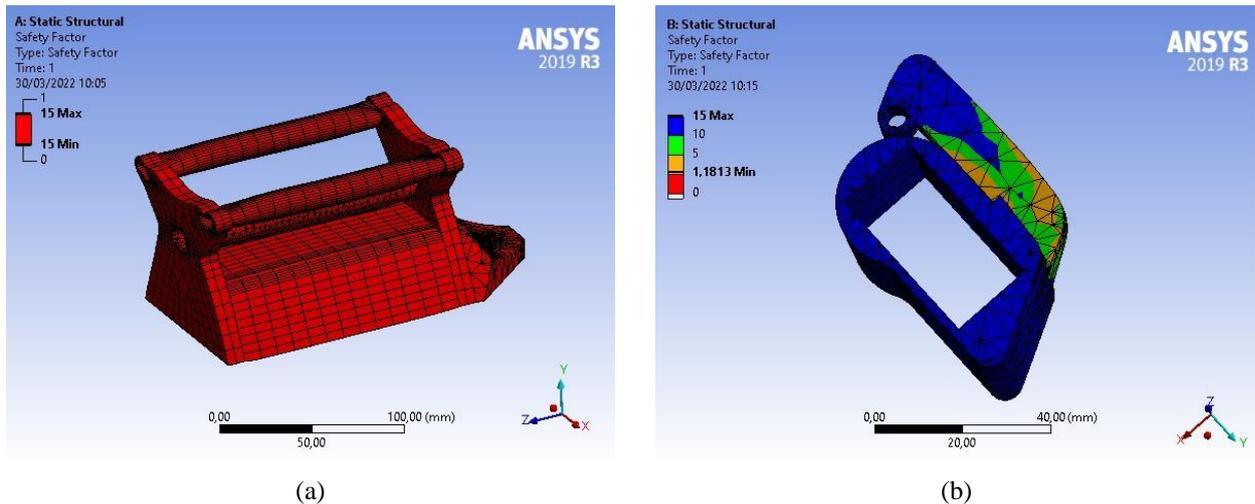
Gambar 4. Hasil tegangan maksimal; (a) Rangka penyangga lengan; (b) Struktur telapak tangan

Gambar 4 merupakan hasil dari analisis pembebanan menggunakan metode elemen hingga dimana tegangan von Mises maksimal pada rangka penyangga lengan sebesar 0,087 MPa dan pada struktur telapak tangan sebesar 45,798 MPa.



Gambar 5. Hasil deformasi total; (a) Rangka penyangga lengan; (b) Struktur telapak tangan

Gambar 5 merupakan hasil dari analisis pembebanan menggunakan metode elemen hingga dimana deformasi maksimal pada rangka penyangga lengan sebesar 0,001 mm dan pada struktur telapak tangan sebesar 1,2 mm.



Gambar 6. Hasil tegangan maksimal; (a) Rangka penyangga lengan; (b) Struktur telapak tangan

Gambar 6 merupakan hasil dari analisis pembebanan menggunakan metode elemen hingga dimana *safety factor* pada rangka penyangga lengan sebesar 15 dan pada struktur telapak tangan sebesar 1,18.

Pada Tabel 2 menunjukkan tegangan von Mises, deformasi dan *safety factor* yang terjadi pada prostesis berdasarkan dari hasil simulasi yang telah dilakukan. Mencermati hasil yang didapatkan pada simulasi tegangan pada Tabel 2, diperlihatkan bahwa desain yang digunakan pada alat terapi jari produk Undip ini telah mampu menahan beban dengan baik saat terapi aktif maupun pasif.

Tabel 2. Hasil simulasi

Struktur	Tegangan von Mises (MPa)	Deformasi total (mm)	Safety factor
Penyangga lengan	0,087	0,001	15
Telapak tangan	45,798	1,2	1,18

4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan adalah tegangan maksimum sebesar 0,087 MPa pada struktur penyangga lengan bawah dan 45,798 MPa pada struktur penyangga telapak tangan. Nilai deformasi totalnya sebesar 0,001 mm pada struktur penyangga lengan bawah dan 1,2 mm pada struktur penyangga telapak tangan. Sedangkan nilai *safety factor* yang didapatkan adalah 15 pada struktur penyangga lengan bawah dan 1.18 pada struktur penyangga telapak tangan. Dari hasil tersebut struktur dinyatakan aman dan dapat menahan beban maksimumnya.

5. Referensi

- [1]. Zakariyah M, Sahroni A, Marfianti E. Multiparameter Biosignal Analysis in Elderly Ischemic Stroke Patients. *Journal of Biomedical Science and Bioengineering* [Internet]. 2021 Mar 29 [cited 2023 Jan 21];1(1):7–16. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jbiomes/article/view/8420>
- [2]. Abdulhamid M, Albert M. On the design of Remote Health Monitoring System. *Journal of Biomedical Science and Bioengineering* [Internet]. 2021 Apr 18 [cited 2023 Jan 21];1(1):32–8. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jbiomes/article/view/7260>
- [3]. N. Susanto, C. N. Saraswati, W. Budiawan, and R. Ismail, "Development of Ergonomics Checklist on Stroke Therapy Aids (Wearable Elbow Exoskeleton)," *Journal of Biomedical Science and Bioengineering*, vol. 2, no. 1, Nov. 2022. <https://doi.org/10.14710/jbiomes.2022.v2i1.%p>
- [4]. Purwanti, O.S., dan Arina Maliya. (2008). Rehabilitasi Klien Pasca Stroke. *Berita Ilmu Keperawatan*, 1(1), pp.43-46.
- [5]. Ibrahim, A.S. (2001). Stroke. *Medika*, 18(2), pp.80-82.
- [6]. Brosseau. dkk. (2011). *Evaluation of Thermoherapy for the Treatment of Cutaneous Leishmaniasis in Kabul. Afghanistan: A Randomized Controlled Trial.*

-
- [7]. Potter dan Perry. (2006). *Fundamental of Nursing*. 4th edition. St.Louis Missouri: Mosby-Year Book, Inc.
- [8]. Ginting, Rosnani. (2007). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu Cetakan Pertama.
- [9]. Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2001). *Product design and development*. New York: McGraw-Hill Education.
- [10]. Tangkuman, S. T. E. N. L. Y., & Arungpadang, T. A. (2014). *Mekanika Kekuatan Material*. Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [11]. Von Mises, R. (1913). *Göttingen Nachrichten, Math. Phys. Klasse*, 582.
- [12]. Mulyanto, T., & Sapto, A. D. (2017). Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian dengan Software Solidworks. *Presisi*, 18(2).
- [13]. Sulistini, R., Khasifah, M., dan Damanik, H. D. (2021). Kekuatan Genggaman Tangan pada Pasien Post Stroke. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 6(2), 1-4.