

## PENGEMBANGAN DESAIN ALAT TERAPI *ELBOW EXOSKELETON* UNTUK PENDERITA *STROKE*

\*Abram Ali Sasono<sup>1</sup>, Budi Setiyana<sup>2</sup>, Rifky Ismail<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*Email: [abramsasono@gmail.com](mailto:abramsasono@gmail.com)

### Abstrak

Jumlah penderita stroke yang sangat tinggi dan terus bertambah setiap tahunnya khususnya stroke hemiparesis, mengembangkan sebuah alat untuk terapi pasien stroke sudah sangat diperlukan. Stroke Hemiparesis ini mempengaruhi kinerja tangan khususnya bagian siku. Dalam penelitian ini robot elbow exoskeleton sudah dikembangkan dan akan terus dikembangkan hingga masa mendatang. Alat ini memiliki satu derajat kebebasan (1DOF) yaitu pada gerak ekstensi dan fleksi siku. Alat ini mempunyai dua mode dimana mode pertama pasien pasif dan alat yang menggerakkan lengan pasien dan mode lainnya dimana lengan pasien aktif dan berusaha menggerakkan robot. Sebuah batas ditentukan, Ketika gaya yang diberikan pasien melebihi batas maka lengan robot akan bergerak dengan lengan pasien.. Motor dan sensor dipilih berdasarkan kinerja alat yang dibutuhkan.

**Kata kunci:** *elbow exoskeleton*; fleksi/ekstensi; *solidworks*; *stroke*

### Abstract

*The number of stroke patients is very high and continues to grow every year, especially hemiparesis stroke, developing a tool for treating stroke patients is very necessary. Hemiparesis stroke affects the performance of the hand, especially the elbow. In this research, the elbow exoskeleton robot has been developed and will continue to be developed in the future. This tool has one degree of freedom (1DOF) in the extension and flexion of the elbow. This tool has two modes where the first mode of the patient is passive and the device moves the patient's arm and the other mode where the patient's arm is active and tries to move the robot. A limit is determined. When the force exerted by the patient exceeds the limit, the robotic arm will move with the patient's arm. Motors and sensors are selected based on the performance of the required tool.*

**Keywords:** *elbow exoskeleton*; flexsion/extension; *solidworks*; *stroke*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era modern ini sangat cepat seiring dengan permasalahan-permasalahan yang ada pada manusia. Perkembangan tersebut juga termasuk bidang medis yang mengalami kemajuan besar [1]. Salah satu contohnya yaitu perkembangan pada bidang biomedical engineering. *Biomedical engineering* adalah disiplin ilmu yang dilahirkan dari hasil kolaborasi antara ilmu keteknikan (*engineering*), ilmu computer (*computer science*) dan ilmu kedokteran (*medical science*) [2]. Penelitian pada bidang *Biomedical engineering* dilakukan bersama sama guna memecahkan masalah-masalah yang ada saat ini khususnya di bidang medis. Salah satu penelitian yang jarang dijumpai di Indonesia yaitu penelitian tentang alat bantu untuk penyandang disabilitas tangan khususnya untuk penyandang stroke. Penelitian tentang penyakit stroke telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, salah satunya adalah dilakukan oleh Zakariyah [3] dan terdapat juga penelitian mengenai teknologi alat kesehatan berbasis robotik [4,5].

*Stroke* adalah penyakit atau gangguan fungsional otak akut fokal maupun global akibat terhambatnya peredaran darah ke otak. Gangguan peredaran darah otak berupa tersumbatnya pembuluh darah otak atau pecahnya pembuluh darah di otak. Otak yang seharusnya mendapat pasokan oksigen dan zat makanan menjadi terganggu. Kekurangan pasokan oksigen ke otak akan memunculkan kematian sel saraf (neuron). Gangguan fungsi otak ini akan memunculkan gejala stroke [6]. *Prevalensi stroke* di Indonesia berdasarkan wawancara sebesar 10.9 % pada tahun 2018 [7]. Sebanyak 21,1% penyebab kematian di Indonesia disebabkan oleh *stroke* [8].

Kelumpuhan yang disebabkan stroke jelas mengganggu aktivitas sehari-hari. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu alat yang dapat membantu penderita agar saraf yang rusak dapat kembali bekerja. Salah satu alat tersebut yaitu elbow

exoskeleton. *Elbow Exoskeleton* adalah suatu alat terapi yang digunakan untuk penderita stroke guna melatih mengembalikan kerja saraf khususnya gerak pada siku.

Sampai saat ini banyak perkembangan teknologi untuk membuat alat terapi bagi penderita stroke di Indonesia masih sangat minim. Maka dari itu dibutuhkan penelitian yang dapat membantu pasien stroke yang ada di Indonesia dikarenakan masih banyak memilih untuk melakukan terapi manual menggunakan alat terapi yang ada di rumah sakit atau mengoperasikan bagian yang lumpuh.

Tugas akhir ini diharapkan akan menghasilkan elbow exoskeleton robot yang didesain sesuai dengan dimensi tangan rata-rata orang Indonesia. Elbow exoskeleton robot yang dikembangkan dalam tugas akhir ini memiliki 1 degrees of freedom (1 DOF) dimana untuk mengontrol gerakan menggunakan sensor potensiometer sebagai input-nya.

## 2. Metodologi Penelitian

Beberapa metodologi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### a. Studi Pustaka

Studi Pustaka adalah kegiatan untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi objek penelitian [9]. Data yang dibaca dan diolah adalah data yang berhubungan dengan hasil-hasil eksperimen yang telah dilakukan dan dibukukan oleh para peneliti sebelumnya.

### b. Asistensi dan Konsultasi

Metode ini bertujuan untuk mendapatkan bimbingan pengetahuan tentang *prototype elbow exoskeleton* robot dan pengaturan sinyal potensiometer dari dosen pembimbing serta koreksi terhadap kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pembuatan tugas akhir dan penyusunan laporan.

### c. Studi Pemodelan

Metode pemodelan dilakukan untuk menggambarkan atau mendesain suatu produk baru yang berfungsi untuk memecahkan suatu kasus yang dihadapi. Pemodelan ini menggunakan bantuan *software Solidworks 2020*.

## 2.1 Perencanaan

Kegiatan perencanaan sering dirujuk sebagai “*zero fase*” karena kegiatan ini mendahului persetujuan proyek dan proses peluncuran pengembangan produk aktual [10]. Output fase perencanaan adalah pernyataan misi proyek [11], yang merupakan input yang dibutuhkan untuk memulai tahap pengembangan konsep dan merupakan suatu petunjuk untuk tim pengembangan. Pada Gambar 1 merupakan contoh format pernyataan misi yang menjadi output tahap perencanaan.

## 2.2 Pengembangan Konsep

Pada fase pengembangan konsep, kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternatif konsep-konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih jauh. Konsep yang dimaksud di sini adalah uraian dari bentuk, fungsi, dan tampilan suatu produk dan biasanya disertai dengan sekumpulan spesifikasi, analisis produk-produk pesaing serta pertimbangan ekonomis.

## 2.3 Perancangan Detail

Fase perancangan detail mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen unik pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok [12]. Rencana proses dinyatakan dan peralatan dirancang untuk tiap komponen yang dibuat, dalam sistem produksi. *Output* dari fase ini adalah pencatatan pengendalian untuk produk, gambar pada file komputer untuk bentuk tiap komponen produk dan peralatan produksinya, spesifikasi komponen-komponen yang dapat dibeli, serta rencana untuk proses pabrikan dan perakitan produk.

## 2.4 Pengujian dan Perbaikan

Fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk.

## 2.5 Produksi Awal

Pada fase produksi awal, produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya [13]. Peralihan dari produksi awal menjadi produksi sesungguhnya biasanya tahap demi tahap. Pada beberapa titik pada masa peralihan ini, produk diluncurkan dan mulai disediakan untuk didistribusikan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukan pengujian terhadap alat-alat yang ada sebelumnya dan didapatkan data yang nantinya akan digunakan sebagai batasan dalam mendesain perbaikan alat elbow exoskeleton untuk terapi pasien stroke. Berikut adalah hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil pengujian

Produk	Kekurangan	Kelebihan
<i>Wearable Elbow Exoskeleton</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Range of Motion 120°</li> <li>-Gerakan Motor Pelan</li> <li>-Socket Tidak Nyaman</li> <li>-Alat terlalu memberi beban ke bahu dan tangan</li> <li>-Tidak bisa memberikan tahanan ke pasien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alat mudah dibawa kemana saja</li> <li>-Posisi lengan atas bisa lurus</li> <li>-lengan bawah sesuai kebutuhan terapi</li> </ul>
<i>Elbow Exoskeleton</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alat harus diletakkan di meja</li> <li>-Tidak bisa dibawa kemana-mana</li> <li>-Suara motor berisik</li> <li>-Sulit untuk mendapatkan posisi alat agar lengan atas bisa lurus</li> <li>-lengan bawah</li> <li>-Torsi motor kurang besar.</li> <li>-Dimensi alat dirasa terlalu besar.</li> <li>-Alat terlalu berat untuk dipindah-pindahkan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Range of Motion 150°</li> <li>-Socket universal</li> <li>-Tidak membebani bahu</li> </ul>

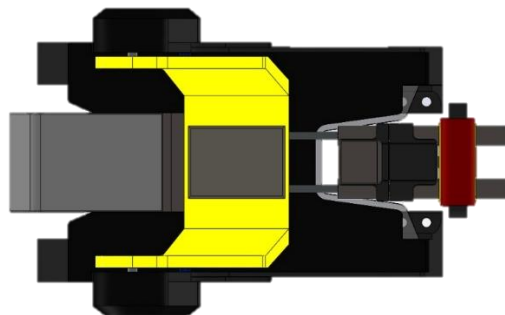
### 3.1 Batasan Masalah

Batasan perancangan yang digunakan sebagai persyaratan pengguna ditetapkan sebagai berikut:

- a. *Elbow exoskeleton* dirancang sebagai alat terapi untuk pasien penderita *stroke*.
- b. Alat tidak memberikan beban pada bagian bahu.
- c. Alat hanya akan menggerakkan bagian lengan bawah dengan lengan atas / bagian persendian siku.
- d. Sudut maksimal alat 150 derajat.
- e. Posisi alat nyaman saat digunakan.

### 3.2 Konsep Produk

Desain seperti pada Gambar dibawah merupakan konsep desain *Elbow Exoskeleton* setelah mendapat beberapa masukan dari versi sebelumnya. Sistem geraknya menggunakan sistem poros yang terletak pada siku. Rangka ini menggunakan 2 plat pada tiap sisi tangan. Bedanya di rangka ini hanya ada bagian lengan bawah dan diberi dudukan alat.



**Gambar 1.** Desain Produk Tampak Isometri

### 3.3 Material Yang Digunakan

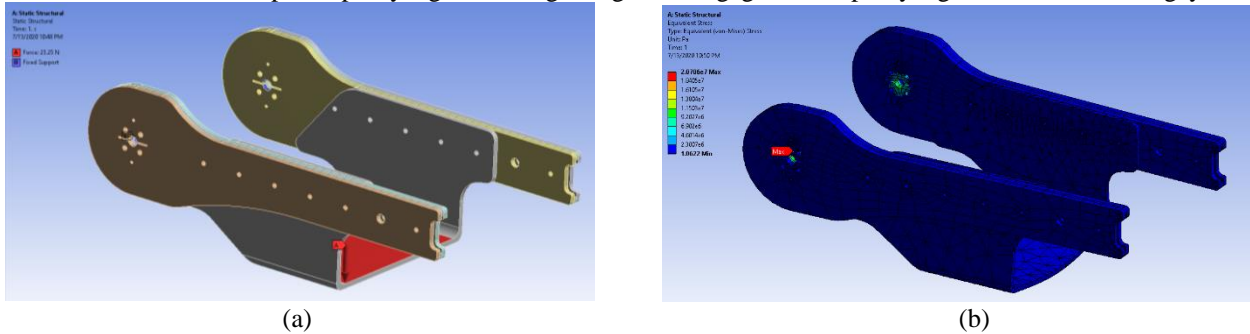
Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah poly lactic acid (PLA). Material ini dipilih karena agar mendapatkan hasil produksi alat terapi jari yang ringan dan beban yang akan diterima juga tidak terlalu besar. Berikut *mechanical properties* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** *Mechanical properties* PLA

Mechanical Properties	Nilai
Density	1250 kg/m <sup>3</sup>
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

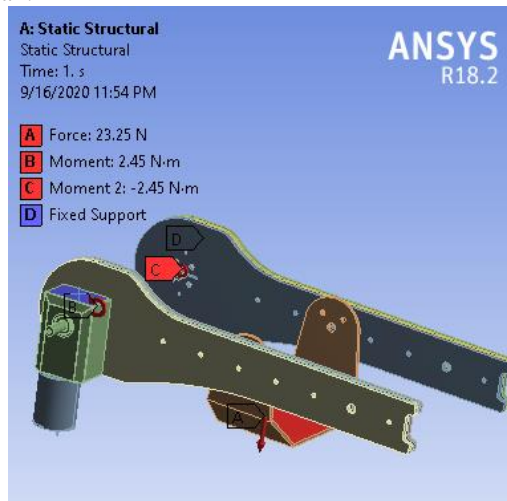
### 3.4 Pengujian Menggunakan *Finitie Element Method* (FEM)

Hasil pengujian didapat dari simulasi analisis pembebanan statik menggunakan program Ansys 18.2 Selanjutnya data dari gaya yang dialami, *mechanical properties* dari material yang akan disimulasi, dan kondisi batas pada simulasi sudah ditetapkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan *running* simulasi menggunakan *software Ansys Workbench R18.2*. Gambar 6 sampai 8 merupakan hasil simulasi yang didapatkan, hasil yang didapatkan sebagai berikut. Part yang akan disimulasikan merupakan part yang cenderung mengalami kegagalan dan part yang terkena beban atau gaya:



**Gambar 2.** (a) Simulasi part dudukan tangan dengan diberi gaya ; (b) Tegangan von Mises yang terjadi pada part arm dan dudukan tangan

Selain melakukan simulasi untuk mengetahui kekuatan struktur *arm* robot juga dilakukan simulasi terhadap motor terpilih. Motor menerima gaya sebesar 23.25 N dari berat lengan dan berat *arm* robot. Gambar 4.25 dan 4.26 merupakan hasil simulasi yang didapatkan.

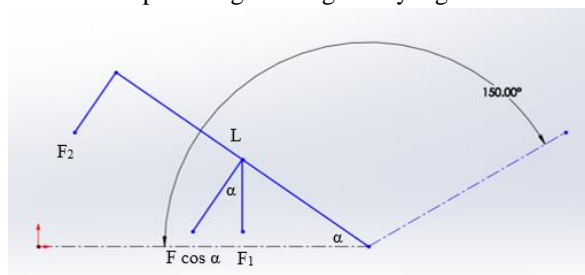


**Gambar 3.** Simulasi motor terhubung *arm* dengan diberi gaya.

Hasil dari simulasi tersebut dapat dilihat tegangan maksimum sebesar 20.7 MPa part dudukan tangan dan tegangan sebesar 150 MPa pada *shaft* motor. Sedangkan nilai safety factor yang didapat adalah 2.17 pada *part* dudukan tangan dan 1.59 pada *shaft* motor. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan jika pada bagian-bagian yang dianggap rawan untuk terjadi kegagalan dinilai memiliki faktor keamanan yang cukup baik untuk digunakan bahkan pada tegangan maksimumnya.

### 3.5 Pembebanan

Setelah didapatkan informasi tersebut kemudia semua data-data dikumpulkan untuk dilakukan perbaikan kepada alat elbow exoskeleton, kemudian dilakukan perhitungan ulang torsi yang dibutuhkan.



**Gambar 4.** Diagram Benda Bebas (DBB)

Data diketahui:

$$L = 339,98 \text{ mm} = 0,34\text{m}$$

$$m = 807,16 \text{ gram} = 0,81 \text{ kg}$$

Untuk besarnya  $F_2$  dicari dengan menggunakan tahanan maximum yang diberikan ke pasien. Tahanan maximum yang diberikan adalah 500g atau 0,5kg tegak lurus ke telapak tangan.

$$\begin{aligned} F_2 &= m \times g \\ &= 0,5 \times 9,81 \\ &= 4,905 \end{aligned}$$

untuk nilai F

$$\begin{aligned} F_1 &= m \times g \\ &= 0,81 \times 9,81 \\ &= 7,9461 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk titik berat

$$R = L/2 = (339,98 \text{ mm})/2 = 169,99 \text{ mm} = 0,17 \text{ m}$$

Dari diagram benda bebas dapat diketahui untuk mencari torsi menggunakan persamaan

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$\tau = 1,350837 + 1,3923$$

$$\tau = 2,743137 \text{ Nm}$$

Berikut adalah hasil perhitungan torsi untuk sudut-sudut lain dengan range pertambahan tiap  $5^\circ$  dapat dilihat pada gambar 10. Perhitungan tersebut dihitung menggunakan cara sama seperti diatas dan grafik pengaruh sudut terhadap torsi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Sudut terhadap Torsi.

### 3.6 Pembuatan Produk

Setelah dilakukan proses desain dan perencanaan perancangan, langkah selanjutnya adalah pembuatan prototipe. Pembuatan prototipe dapat dilakukan setelah proses pembuatan desain part dan assembly telah berjalan dengan baik.

### 3.7 Pengujian Prototipe

Alat kemudian diujikan kepada pasien, dan ahli (terapis dan dokter). Pengujian dilakukan kepada pasien dan dokter di Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND). Berikut beberapa hasil foto pengujian kepada pasien dengan didampingi oleh Dokter maupun terapis.



Gambar 6. Pengujian Prototipe Alat kepada pasien

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan tentang perbaikan desain elbow exoskeleton untuk digunakan pasien stroke adalah sebagai berikut:

1. Alat elbow exoskeleton menggunakan desain baru dianggap berhasil dalam mengurangi dimensi alat sebelumnya yang terlalu besar, sehingga mobilitas alat elbow exoskeleton menjadi lebih tinggi. Dimensi alat sebelumnya 50 cm x 18 cm x 16 cm, dimensi alat baru 30 cm x 15 cm x 22 cm.
2. Pengembangan desain dianggap berhasil karena perubahan beban dan dimensi tidak mengurangi fitur (terapi) pada alat yang ada sebelumnya.
3. Elbow Exoskeleton yang baru pada motor mampu menahan beban torsi hingga 50 Nm, pada alat sebelumnya hanya mampu 6 Nm.
4. Menggunakan desain yang baru, alat berhasil dalam mengurangi beban pada alat sebelumnya, karena pada proses manufaktur alat menggunakan material yang ringan yaitu PLA dan Akrilik. Beban yang dapat dikurangi hingga 50% atau 2,4 kg.
5. Masih diperlukan beberapa pengujian kepada pasien tambahan agar dapat disesuaikan lagi dengan dimensi, dan juga perlu memperhatikan kenyamanan alat saat pemakaian.

## 5. Referensi

- [1]. Clauser, C.E., McConville, J.T., Young, J.W., 1969, Weight, Volume, And Center of Mass of Segments of Human Body, Aerospace Medical Research Laboratory, Ohio.
- [2]. Behnke, R.S. 2012, Kinetic Anatomy 3rd Edition, Human Kinetics, Indianapolis.
- [3]. Abdulhamid, M., & Albert, M. (2021). On the design of Remote Health Monitoring System. *Journal of Biomedical Science and Bioengineering*, 1(1), 32–38. <https://doi.org/10.14710/JBIOMES.2021.V1I1.32-38>
- [4]. Zakariyah, M., Sahroni, A., & Marfianti, E. (2021). Multiparameter Biosignal Analysis in Elderly Ischemic Stroke Patients. *Journal of Biomedical Science and Bioengineering*, 1(1), 7–16. <https://doi.org/10.14710/JBIOMES.2021.V1I1.7-16>
- [5]. 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>
- [6]. Junaidi, Iskandar., 2011. Stroke Waspada! Ancamannya. Yogyakarta : ANDI
- [7]. Balitbangkes, 2019. Hasil Utama Riskesdas 2018. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan.
- [8]. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2016. Mari Kita Cegah Diabetes Dengan Cerdik. Tersedia di: <https://www.kemkes.go.id/article/view/16040700002/menkes-mari-kita-cegah-diabetes-dengan-cerdik.html>
- [9]. Abdhul, Yusuf. 2021. Studi Pustaka. Tersedia di : [penerbitbukudeepublish.com/studi-pustaka/](http://penerbitbukudeepublish.com/studi-pustaka/)
- [10]. Bakti, Achmad. 2011. Konsep Pengembangan Produk. Tersedia di : <http://achmadbakti.blogspot.com/2011/03/konsep-pengembangan-produk.html>
- [11]. Rahayu, Sri. 2020. Perancangan dan Pengembangan Produk. Tersedia di : [https://www.academia.edu/29377833/Perancangan\\_dan\\_Pengembangan\\_Produk](https://www.academia.edu/29377833/Perancangan_dan_Pengembangan_Produk)
- [12]. Viony, Echa. 2011. Design Product. Tersedia di : <http://vercomfo.blogspot.com/2012/03/perancangan-produk-design-product.html>
- [13]. Triana, Heri. 2018. Perancangan dan Pengembangan Produk. Tersedia di : <https://www.coursehero.com/file/p39p2cu0/2-Fase-1-Pengembangan-Konsep-Pada-fase-pengembangan-konsep-kebutuhan-pasar/>