

## Modifikasi Perancangan Sandaran Kaki (Footrest) Yang Fleksibel Pada Kursi Roda Penyandang Disabilitas

Dhidik Mahandika<sup>1</sup>, Dwi Rahmalina<sup>1</sup>, Susanto Sudiro<sup>2</sup>, Adrian Reynaldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup>PT Mega Andalan Kalasan, Jl. Tanjung Tirto 34 Kabupaten Sleman DIY, Indonesia

Email Cooresponding Author: [dhidik\\_mahandika@univpancasila.ac.id](mailto:dhidik_mahandika@univpancasila.ac.id)

### ABSTRAK

Pada umumnya kursi roda banyak digunakan oleh penyandang disabilitas. Selain alat bantu, kursi roda juga digunakan sebagai alat transportasi. Secara visual, komponen kursi roda mempunyai bentuk yang bagus dan inovatif, namun bentuk tersebut belum tentu menjamin keamanan dan kenyamanan, salah satu komponen penting dalam bagian kursi roda adalah pijakan kaki yang perlu dibuat aman dan nyaman. Perancangan desain ini menghasilkan 1 varian terpilih dari hasil pembobotan kriteria perancangan. Varian 1 terdiri dari komponen engsel bawah, engsel atas, tuas pengatur sandaran kaki, dudukan penopang betis, pipa penyangga dudukan, pipa pijakan kaki, plat penopang betis, busa penopang betis, dan penopang betis. Dari hasil dilapangan dihasilkan beban rata-rata remaja adalah 30 kg sehingga secara analisis ergonomi, beban pijakan kaki adalah 294,3 N. Sandaran pijakan kaki kemudian dianalisis menggunakan software Solidworks 2020 dengan memberikan beban pijakan kaki pada posisi 15°, 30°, dan 90°. Dari hasil analisis tersebut diperoleh hasil bahwa perancangan sandaran pijakan kaki ini aman karena tegangan tarik sandaran pijakan kaki masih dibawah nilai kekuatan luluh material AISI 1020 sebesar  $3,52 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Nilai tegangan tarik terbesar adalah  $3,298 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> ketika posisi 15°, nilai deformasi terbesar adalah 1,108 mm ketika posisi 90° dan *Factor of Safety* terkecil sebesar 1,2 ketika posisi 15°.

**Kata kunci :** Beban Kaki, Solidwork 2020, Tegangan Tarik.

### ABSTRACT

*Wheelchairs are commonly used by people with disabilities. In addition to being an assistive device, wheelchairs also serve as a means of transportation. Visually, wheelchair components have an attractive and innovative design; however, this does not necessarily guarantee safety and comfort. One of the essential components of a wheelchair is the footrest, which must be designed to be both safe and comfortable. This design study resulted in the selection of one variant based on a weighted criteria assessment. Variant 1 consists of several components, including the lower hinge, upper hinge, footrest adjuster lever, calf support seat, support pipe for the seat, footrest pipe, calf support plate, calf support foam, and calf support structure. Based on field data, the average load for teenagers is 30 kg, which, from an ergonomic analysis perspective, corresponds to a footrest load of 294,3 N. The footrest was then analyzed using Solidworks 2020 by applying loads at 15°, 30°, and 90° positions. The analysis results indicate that the footrest design is safe, as the tensile stress remains below the yield strength of AISI 1020, which is  $3.52 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>. The highest tensile stress recorded was  $3.298 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> at a 15° position, the highest deformation was 1.108 mm at a 90° position, and the lowest Factor of Safety (FOS) was 1.2 at a 15° position.*

**Keywords :** Foot Load, SolidWorks 2020, Tensile Stress.

### PENDAHULUAN

Kelumpuhan kaki, baik sementara maupun permanen, merupakan kondisi yang membatasi mobilitas penderitanya, mempengaruhi kemampuan mereka dalam melakukan aktivitas sehari-hari, terutama dalam berpindah tempat [1-3]. Kondisi ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kelainan bawaan, cedera berat, atau gangguan saraf. Untuk mendukung pergerakan individu dengan disabilitas fisik, lansia, atau

mereka yang dalam proses pemulihan, alat bantu seperti kursi roda menjadi sangat penting. Kursi roda tidak hanya berfungsi sebagai alat transportasi tetapi juga sebagai perangkat yang mendukung kemandirian serta kualitas hidup penggunanya. Seiring dengan pentingnya peran kursi roda, desain ergonomis yang memperhatikan kenyamanan dan keselamatan pengguna menjadi krusial untuk meminimalkan risiko cedera akibat imobilitas berkepanjangan.

Meskipun kursi roda banyak digunakan oleh berbagai kalangan, kenyataannya masih banyak yang menggunakan sandaran kaki (*footrest*) yang kaku dan tidak fleksibel. Hal ini menyulitkan penyesuaian posisi kaki dengan postur tubuh individu. Sandaran kaki yang tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan postur tubuh pengguna dapat menyebabkan ketidaknyamanan, bahkan meningkatkan risiko cedera jangka panjang, terutama bagi mereka yang harus duduk dalam waktu lama. Oleh karena itu, penting untuk melakukan inovasi dalam desain sandaran kaki yang lebih adaptif untuk meningkatkan kenyamanan dan mobilitas pengguna.

Inovasi dalam desain sandaran kaki yang lebih fleksibel dan ergonomis menjadi sangat penting dalam memenuhi kebutuhan kenyamanan dan mobilitas pengguna kursi roda. Teknologi desain dan simulasi seperti SolidWorks memungkinkan pembuatan model 3D yang detail untuk setiap aspek sandaran kaki, termasuk bentuk, ketebalan material, serta analisis beban yang akan diterima oleh sandaran kaki. Metode VDI 2222 diterapkan dalam proses pengembangan produk, mulai dari pemahaman kebutuhan pengguna hingga evaluasi prototipe untuk memastikan desain yang dihasilkan aman, adaptif, dan memenuhi standar ergonomi yang telah ditetapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain sandaran kaki kursi roda yang lebih fleksibel, sesuai dengan standar ISO 7176, serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi penggunanya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis kekuatan pembebanan pada sandaran kaki kursi roda, memastikan daya tahan dan keamanan penggunaan jangka panjang. Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup penyandang disabilitas.

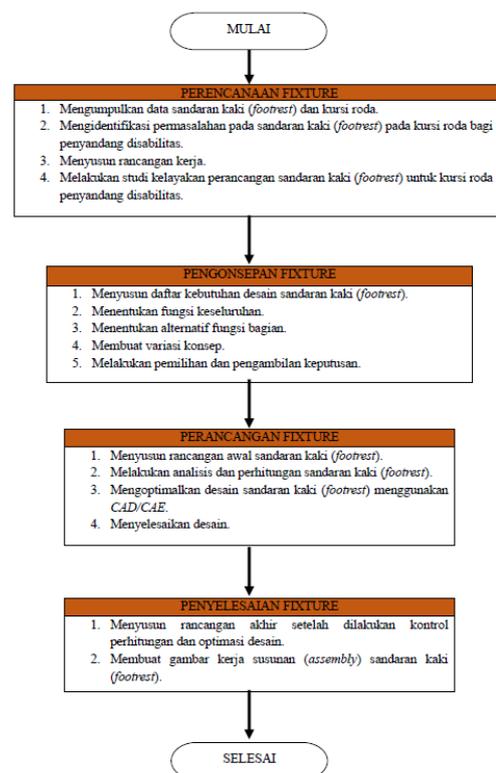
Manfaat dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi penyandang disabilitas melalui desain sandaran kaki kursi roda yang lebih ergonomis. Desain ini diharapkan dapat memperpanjang masa penggunaan kursi roda, sekaligus mengurangi risiko cedera yang berhubungan dengan postur tubuh yang tidak tepat. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan keandalan dan daya

tahan alat bantu dengan melakukan analisis beban dan faktor keamanan yang lebih mendalam.

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan, di antaranya adalah beban yang diberikan pada sandaran kaki disesuaikan dengan berat kaki rata-rata penyandang disabilitas dari Yayasan SLB D-D YPAC Jakarta, yaitu sebesar 30 kg. Proses perancangan desain dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020 untuk memastikan akurasi dan efisiensi model. Fokus penelitian ini terbatas pada analisis kekuatan dan desain sandaran kaki kursi roda, tanpa mencakup komponen kursi roda lainnya. Desain yang dikembangkan juga mengikuti standar ISO 7176, dengan prioritas pada keamanan, kenyamanan, dan fleksibilitas pengguna.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain sandaran kaki (*footrest*) yang fleksibel dan ergonomis pada kursi roda untuk penyandang disabilitas.



Gambar 1 Metode penelitian sandaran kaki (*footrest*)

Tahap pertama adalah perencanaan *fixture* yang melibatkan pengumpulan data terkait kursi roda dan sandaran kaki, seperti dimensi, material, serta kebutuhan pengguna. Selain itu, tahap ini juga mencakup identifikasi masalah yang sering ditemui pada sandaran kaki kursi roda yang ada di pasaran, seperti ketidaknyamanan dan material yang mudah rusak. Setelah itu, dilakukan studi kelayakan untuk mengevaluasi apakah desain yang diusulkan dapat diproduksi dengan biaya yang terjangkau dan tetap memenuhi standar ergonomis serta kenyamanan pengguna.

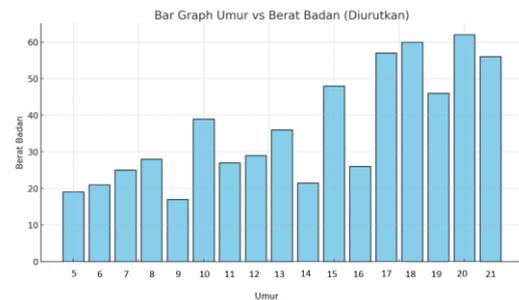
Tahap berikutnya adalah pengembangan konsep desain *footrest* yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan spesifikasi teknis. Pada tahap ini, dibuat daftar tuntutan rancangan, seperti beban maksimal yang harus ditopang, dimensi yang sesuai dengan standar ISO 7176, serta pemilihan material yang tahan lama namun ringan. Alternatif fungsi dan desain bagian-bagian *footrest* disusun untuk memilih konsep terbaik berdasarkan kriteria evaluasi seperti biaya, kekuatan, dan kemudahan penggunaan. Selain itu, dilakukan analisis kekuatan dengan menggunakan perangkat lunak CAD/CAE (SolidWorks) untuk memastikan desain yang dihasilkan dapat menahan beban dan aman digunakan dalam jangka panjang.

Pada tahap terakhir, desain *footrest* yang telah dipilih akan diperiksa dan dipastikan sesuai dengan semua persyaratan yang telah ditentukan. Gambar kerja susunan komponen dibuat untuk mendetailkan dimensi setiap bagian dan toleransi material. Selain itu, dilakukan pembobotan terhadap tiga varian desain yang telah diuji berdasarkan kriteria pengoperasian, biaya produksi, perawatan, dan kemudahan perakitan. Pembobotan dilakukan untuk menentukan desain terbaik yang memiliki nilai tertinggi dan memenuhi kebutuhan pengguna secara optimal. Setelah perhitungan dan evaluasi, varian desain dengan nilai tertinggi akan dipilih untuk diterapkan pada perancangan detail sandaran kaki kursi roda penyandang disabilitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Lapangan

Data berat badan didapat dari narasumber penyandang disabilitas di yayasan SLB D-D1 YPAC Jakarta. Data berat badan dari 78 responden ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Data umur dan berat badan responden

Dari total 78 responden dihasilkan total berat badan sebesar 2.340 kg, sehingga diperoleh berat rata-rata sebesar 30 kg.

Setelah diketahui berat badan yang akan dianalisis, dilakukan perhitungan berat berdasarkan ergonomi bagian tubuh manusia yang ditampilkan pada Tabel 1. Bagian tubuh yang akan menjadi beban sandaran kaki kursi roda adalah betis dan kaki.

**Tabel 1** Tabel Estimasi Setiap Segment Massa Pada Tubuh Manusia

Segment	Empirical Equation	Standard Error of Estimate
Head	$0.0360W + 2.46$	0.43
Head and neck	$0.0534W + 2.33$	0.60
Neck	$0.0140W - 0.60$	0.21
Head, neck, and torso	$0.5940W - 2.20$	2.01
Neck and torso	$0.5582W - 2.46$	1.72
Total arm	$0.0524W + 0.01$	0.35
Upper arm	$0.0274W - 0.01$	0.19
Forearm and hand	$0.025W + 0.01$	0.20
Forearm	$0.0193W - 0.06$	0.16
Hand	$0.0059W + 0.07$	0.07
Total leg	$0.1525W + 0.05$	1.02
Thigh	$0.1159W - 0.38$	0.71
Shank and foot	$0.0452W + 0.82$	0.41
Shank	$0.0375W + 0.38$	0.33
Foot	$0.0069W + 0.47$	0.11

Sebelum dilakukan perancangan desain dilakukan identifikasi dari desain sandaran pijakan

kaki yang sebelumnya telah dibuat yang ditampilkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Sandaran kaki kursi roda yang sudah ada

**Daftar Persyaratan (Demand and Wishes)**

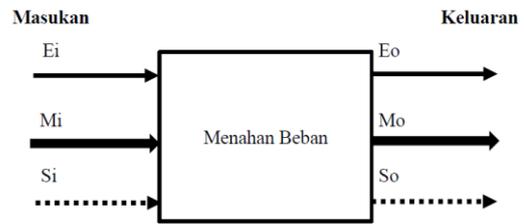
Setelah menerima hasil kebutuhan, langkah selanjutnya yang harus dilakukandalam menyusun daftar spesifikasi adalah membedakan apakah persyaratan merupakan kebutuhanatau keinginan. Persyaratan adalah syarat yang harus terpenuhi dalam semua keadaan, atau dengan kata lain, jika tidak memenuhi persyaratan, produk akan cacat. Keinginan adalah persyaratan yang diinginkan selama proses desain dan, jika mungkin, dipertimbangkan.

**Tabel 2** Daftar persyaratan

no	Uraian	D/W
1.	Geometri <ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruksi sandaran kaki (<i>footrest</i>) yang kuat</li> <li>Dimensi sesuai standar kursi roda sesuai ISO 71776</li> </ul>	W D
2.	Kinematika <ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dalam pengoperasian</li> </ul>	D
3.	Material <ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan material yang kuat</li> <li>Material mudah didapatkan dipasaran</li> </ul>	W
4.	Perawatan <ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dalam perawatan</li> <li>Mudah dalam perakitan</li> </ul>	D W
5.	Perakitan <ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dalam pembuatan</li> <li>Mudah dalam perakitan</li> </ul>	W
6.	Biaya <ul style="list-style-type: none"> <li>Biaya produksi murah</li> </ul>	D
7.	Produksi <ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk komponen sederhana dan tidak rumit produksi</li> <li>Komponen standar</li> </ul>	D D
8.	Aplikasi <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Footrest</i> yang dibuat bersifat portabel</li> <li>Umur pemakaian relatif lama</li> </ul>	W D

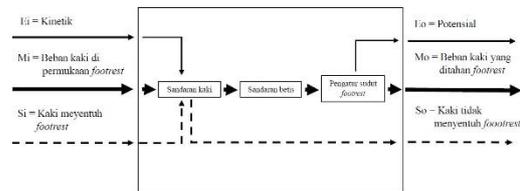
**Blok Fungsi**

Pada blok fungsi, hubungan antara masukan dan keluaran pada sistem sandaran kaki kursi roda ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Blok Fungsi Diagram Fungsi

Dari blok fungsi kemudian dibuatlah diagram fungsi yang ditampilkan pada Gambar 5.



**Gambar 5** Diagram Fungsi

**Morfologi Chart**

Tahapan ini merupakan tahapan dimana menentukan kombinasi-kombinasi prinsip solusi perancangan sandaran kaki (*footrest*) kursi roda disabilitas yang ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Morfologi Chart

NO	FUNGSI	1	2	3
1.	Pijakan Kaki	Bergerigi	Polos	Kain
2.	Sandaran Betis	Busa	Plat	Kain
3.	Dudukan Penopang Betis	Penahan 3 sisi	Penahan 3 sisi tetap	Penahan tetap
4.	Pengatur sudut Sandaran Kaki	kunci	hidrolik	
5.	Penyangga dudukan kaki	Pipa	Besi UNP	Besi Kotak

Keterangan:

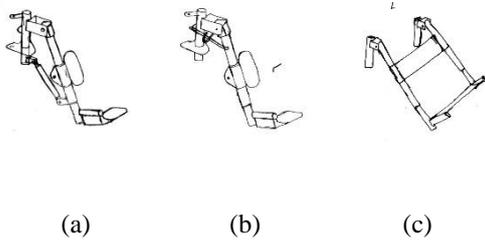
V1 = varian 1

V2 = varian 2

V3 = varian 3

Maka mendapatkan 3 varian berdasarkan

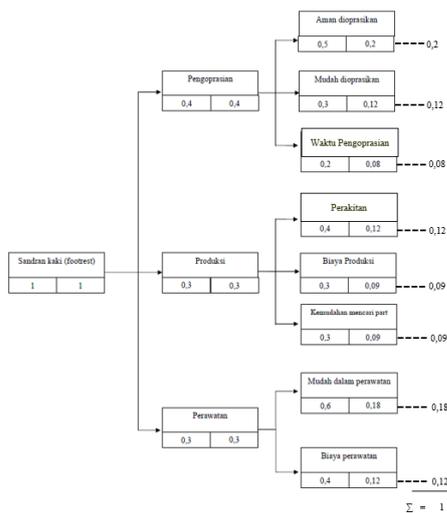
morfologi chart sandaran kaki (*footrest*) kursi roda disabilitas yang ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6 (a)Varian 1 (b)Varian 2 dan (c)Varian 3

**Pohon keputusan**

Setelah mendapatkan 3 pilihan varian maka tahapan selanjutnya adalah membuat pohon keputusan sehingga dapat di analisis secara mendetail yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Pohon Keputusan

**Pembobotan**

Setelah menentukan pohon keputusan selanjutnya memberi pembobotan pada setiap varian yang ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Pembobotan varian

No	Kriteria	V1			V2			V3		
		B	P1	B•P1	B	P2	B•P2	B	P3	B•P3
1.	Aman Dioperasikan	0,2	3	0,6	0,2	3	0,6	0,2	3	0,6
2.	Mudah Dioperasikan	0,12	3	0,36	0,12	3	0,36	0,12	3	0,36
3.	Waktu Dioperasikan	0,08	3	0,24	0,08	3	0,24	0,08	2	0,16
4.	Perakitan	0,12	3	0,24	0,12	3	0,24	0,12	3	0,36
5.	Biaya Produksi	0,09	3	0,27	0,09	3	0,27	0,09	3	0,18
6.	Kemudahan Mencari Part	0,09	3	0,27	0,09	3	0,27	0,09	2	0,18
7.	Mudah dalam perawatan	0,18	3	0,54	0,18	3	0,54	0,18	3	0,54
8.	Biaya perawatan	0,12	3	0,24	0,12	2	0,24	0,12	3	0,36
Total		1	24	2,83	1	18	2,76	1	22	2,38

**Pemilihan varian**

Perhitungan varian dibutuhkan untuk menentukan nilai akhir dari ketiga varian konsep (*determining overall weighting value*). Untuk melakukan perhitungan varian maka digunakan persamaan sebagai berikut [4]

$$nilai\ akhir = \frac{owv}{vmax \cdot \sum_{i=1}^n wi} \tag{1}$$

Setelah hasil dari nilai keseluruhan varian konsep ini diketahui maka akan mendapat ranking 1 yaitu pada rating varian dengan nilai pada sandaran kaki (*footrest*) kursi roda penyandang disabilitas. Dengan hasil sebagai berikut :

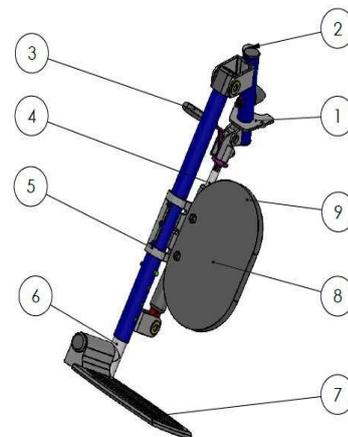
Ranking 1 : Varian 1 dengan nilai = 0.118

Ranking 2 : Varian 2 dengan nilai = 0.115

Ranking 3 : Varian 3 dengan nilai = 0.099

Sehingga Terpilih varian 1 dengan nilai rating paling tinggi sebesar 0,118.

**Perancangan Detail**



Gambar 8 Footrest Kursi Roda

Keterangan :

- 1. Engsel Bawah
- 2. Engsel Atas
- 3. Tuas Pengatur
- 4. Pipa Penyangga
- 5. Dudukan Penopang
- 6. Pipa Pijakan
- 7. Penopang Pijakan
- 8. Plat penopang betis
- 9. Bantalan Busa

**Material Rangka Sandaran Pijakan kaki**

Rangka pada Sandaran kaki menggunakan material AISI 1020 dengan ketebalan 2 mm dengan sifat material ditampilkan pada Tabel 5.

**Tabel 5** Material Properties AISI 1020 dari database Solidworks 2020

Keterangan	Nilai
Modulus Elastisitas [N/m <sup>2</sup> ]	2 x 10 <sup>11</sup>
Shear Modulus [N/m <sup>2</sup> ]	7,7 x 10 <sup>10</sup>
Tensile Strength [N/m <sup>2</sup> ]	4,2 x 10 <sup>8</sup>
Yield Strength [N/m <sup>2</sup> ]	3,52 x 10 <sup>8</sup>

**Analisis Kekuatan Footrest**

Dari data di lapangan diketahui bahwa berat rata-rata beban berat badan remaja (w) adalah 30 kg. Berat beban pada sandaran kaki dihitung menggunakan persamaan dari Tabel 1 sebagai berikut [5-7]

$$m_k = 0,0069 \times w + 0,47 \tag{2}$$

$$m_b = 0,0375 \times w + 0,38 \tag{3}$$

$$m_{kb} = 0,0452 \times w + 0,82 \tag{4}$$

dimana,

$m_k$  = massa kaki [kg]

$m_b$  = massa betis [kg]

$m_{kb}$  = massa kaki dan betis [kg]

w = Berat badan [kg]

Gaya Berat (F) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [7]

$$F = m \cdot g \tag{5}$$

dimana,

F = Gaya berat [N]

m = Massa [kg]

g = Gravitasi [m/s<sup>2</sup>] = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

**Tabel 6** Beban Pada Sandaran Kaki

Keterangan	m [kg]	F [N]
$m_k$	0,677	6,641
$m_b$	1,505	16,24
$m_{kb}$	2,176	21,324

**Hasil Analisis Simulasi Pembebanan pada Sandaran Pijakan Kaki**

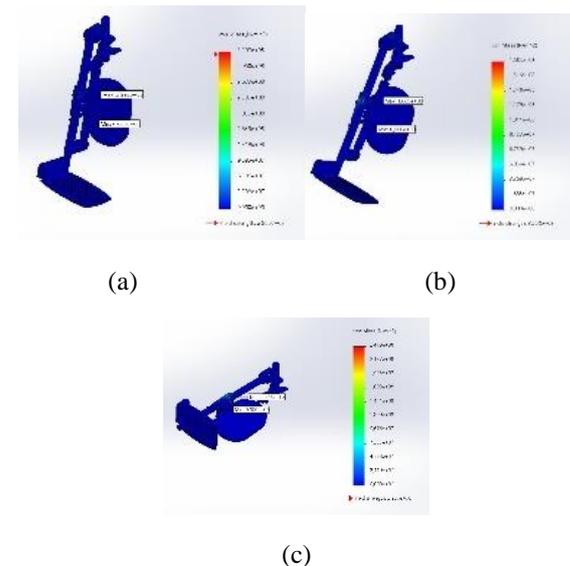
Hasil simulasi sandaran kaki ditampilkan pada Tabel 7.

**Tabel 7** Hasil Analisis Simulasi Footrest

Keterangan	Posisi 15°	Posisi 30°	Posisi 90°
<b>Von Misses Stress [N/m<sup>2</sup>]</b>	3,298 × 10 <sup>8</sup>	1,685 × 10 <sup>8</sup>	2,419 × 10 <sup>8</sup>
<b>Deformasi Maksimum [mm]</b>	0.7615	0.7810	1.108
<b>Factor of Safety</b>	1.2	2.3	1.6

**Stress Von Misses**

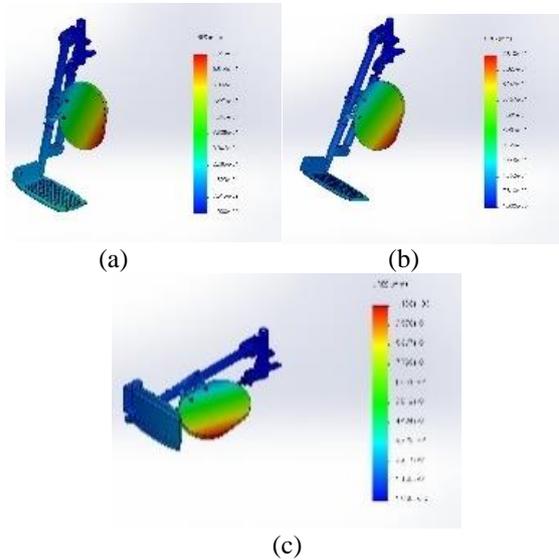
Hasil simulasi *Stress Von Misses* pada sandaran pijakan kaki dengan posisi 15°, 30°, dan 90° ditampilkan pada Gambar 9.



**Gambar 9** Von Misses Stress (a) posisi 15° (b) posisi 30° (c) posisi 90°

### Deformed shape Displacement

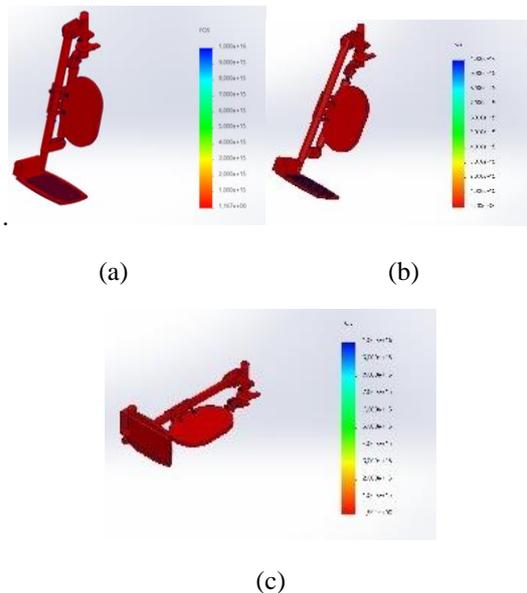
Hasil analisa *Deformed shape Displacement* pada sandaran pijakan kaki dengan posisi 15°, 30°, 90° ditampilkan pada Gambar 10.



**Gambar 10** *Deformed shape Displacement* (a) posisi 15° (b) posisi 30° (c) posisi 90°

### Factor of Safety

Hasil percobaan *Factor of Safety* sandaran pijakan kaki dengan posisi 15°, 30°, 90° ditampilkan pada gambar 11.



**Gambar 11.** *Factor of Safety* (a) posisi 15° (b) posisi 30° (c) posisi 90°

### KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan modifikasi sandaran kaki fleksibel pada kursi roda penyangga disabilitas, varian 1 terpilih dengan nilai tertinggi 0.118 karena memenuhi kemudahan penggunaan dan perawatan. Desain varian 1 terdiri dari dari komponen engsel bawah, engsel atas, tuas pengatur sandaran kaki, dudukan penopang betis, pipa penyangga dudukan, pipa pijakan kaki, plat penopang betis, busa penopang betis, dan penopang betis. Rangka pada pijakan kaki menggunakan material AISI 1020 dengan ketebalan 2 mm.

Dari hasil perhitungan didapatkan beban pada kaki sebesar 0,677 kg, pada betis 1,505 kg serta beban kombinasi betis dan kaki 2,340 kg. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sandaran kursi roda aman untuk digunakan karna masih di bawah material AISI 1020 sebesar  $3,52 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Nilai tegangan tarik terbesar adalah  $3,298 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  pada posisi 15°, nilai deformasi terbesar adalah 1,108 mm pada posisi 90° dan *Factor of Safety* terkecil sebesar 1,2 pada posisi 15°.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulkarim, Shna Jabar, Najmadeen Mohammed Saeed, and Hawkar Ali Haji. "Direct displacement control of deformed double layer dome." *UKH Journal of Science and Engineering* 2020; 4(1): 1-14.
- [2] Andrijanto, Andrijanto, and Boy Parulian Hutapea, Penentuan Data Anthropometri untuk Perancangan Ulang Produk Dengan Meninjau Interaksi Pengguna Studi Kasus Perancangan Ulang Kursi Roda ISO 7176 Untuk Anak-Anak Tuna Daksa, *Journal of Integrated System* 2019; 2(1): 98-111.
- [3] Berselli, Giovanni, Pietro Bilancia, and Luca Luzi, Project-based learning of advanced CAD/CAE tools in engineering education, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 2020; 14(3): 1071-1083.
- [4] Chang, Kuang-Hua, Motion simulation and mechanism design with SOLIDWORKS motion 2021. SDC publications, 2021.
- [5] Craig Jr, Roy R., and Eric M. Taleff. *Mechanics of materials*. John Wiley & Sons 2020.
- [6] Diana, Lohdy, Arrad Ghani Safitra, and Muhammad Nabel Ariansyah, Analisis

- kekuatan tarik pada material komposit dengan serat penguat polimer, *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* 2020; 4(2): 59-67.
- [7] Guspara, Winta Adhitia, and L. Kuncoro Probo Saputra, Perluasan Mobilitas Pengguna Kursi Roda dalam Konsep Urban Micro-Mobility, *Prosiding Seminar Nasional Desain Sosial (SNDS)* 2021; 3.