



# Evaluasi Ergonomi pada Kursi Roda untuk Anak Cerebral Palsy Menggunakan *Digital Human Modeling*

## *Ergonomics Evaluation of Wheelchair for Children with Cerebral Palsy using Digital Human Modeling*

Dwi Rahmalina<sup>1</sup>, Desinta Rahayu Ningtyas<sup>1\*</sup>, Nur Yulianti Hidayah<sup>1</sup>, Agri Suwandi<sup>1</sup>, Dede Lia Zariatn<sup>1</sup>, I Gede Eka Lesmana<sup>1</sup>, Dhidik Mahandika<sup>1</sup> dan Susanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta 12640, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Mega Andalan Kalasan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55571, Indonesia

### Informasi artikel:

Diterima:  
15/12/2022  
Direvisi:  
28/12/2022  
Disetujui:  
30/12/2022

### Abstract

*Cerebral palsy is caused by brain damage that manifests as motor dysfunction. The most prevalent form of cerebral palsy is spastic diplegia, which causes walking difficulties. People with cerebral palsy, particularly children, require mobility aids, such as wheelchairs, to perform daily tasks. When designing wheelchairs for children with cerebral palsy, ergonomic evaluation is required to ensure that the resulting wheelchair is safe and will not pose a risk in the future. This paper investigates the use of digital human modeling to evaluate the ergonomics of wheelchairs for children with cerebral palsy. The method is used to collect samples from 5 to 18-year-old children with cerebral palsy. Digital human modeling is used to simulate and evaluate ergonomics using anthropometric data. The results obtained for the wheelchair dimensions are suitable for the 95<sup>th</sup> percentile value, while the seat length exceeds the popliteal length for the 50<sup>th</sup> percentile value. The ergonomic evaluation yielded satisfactory results for the lower back analysis parameter, and the comfort evaluation yielded satisfactory results for the 95<sup>th</sup> percentile value. In contrast, the 5<sup>th</sup> percentile value indicates knee discomfort in both the right and left knee.*

*Keywords: cerebral palsy, wheelchair, ergonomic evaluation, Jack Simulation.*

### SDGs:



### Abstrak

*Cerebral palsy merupakan kerusakan otak yang berakibat pada gangguan pada motorik. Tipe cerebral palsy yang paling banyak adalah tipe spastik diplegia, tipe ini mengakibatkan kesulitan dalam berjalan. Penyandang cerebral palsy, khususnya anak-anak memerlukan alat bantu dalam melakukan kegiatan sehari-hari, yaitu kursi roda. Evaluasi ergonomi diperlukan pada saat merancang kursi roda untuk anak-anak cerebral palsy untuk memastikan bahwa kursi roda yang dihasilkan aman dan tidak menimbulkan resiko dikemudian hari. Tulisan ini membahas tentang evaluasi ergonomi pada kursi roda untuk anak cerebral palsy menggunakan digital human modeling. Metode yang digunakan adalah purposes sampling pada anak dengan cerebral palsy usia 5-18 tahun, Data antropometri digunakan untuk simulasi dan evaluasi ergonomi menggunakan Digital Human Modelling. Hasil yang diperoleh dimensi kursi roda sesuai untuk nilai persentil 95<sup>th</sup>, sedangkan untuk nilai persentil 50<sup>th</sup> Panjang dudukan melebihi panjang popliteal. Sedangkan hasil evaluasi ergonomi hasilnya memenuhi untuk parameter lower back analysis, dan comfort assessment menunjukkan hasil yang baik untuk nilai persentil 95<sup>th</sup>. Sedangkan untuk nilai persentil 5<sup>th</sup> terdapat ketidaknyamanan pada lutut kanan dan kiri.*

**Kata Kunci:** *cerebral palsy*, kursi roda, evaluasi ergonomik, Jack Simulation.

\*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 856 9734 2627  
email : [desinta@univpancasila.ac.id](mailto:desinta@univpancasila.ac.id)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan *Cerebral Palsy* (CP) adalah suatu kondisi dimana terjadi kerusakan otak yang terjadi pada saat prenatal, natal, dan postnatal. Kerusakan otak ini berpengaruh terhadap fungsi otot dan urat saraf. Secara terminology *Cerebral Palsy* (CP) terdiri dari dua suku kata yaitu *Cerebral* yang berarti otak tepatnya pada kedua belahan otak atau *hemisphere*, dan *Palsy* yang berarti lumpuh (Eviani, 2019). Menurut *Centre for Disease Control and Prevention* (CDC) prevalensi CP 1 hingga 4 per 1000 kelahiran hidup. Di Indonesia sendiri prevalensi terjadi CP sekitar 1-5 per 1000 kelahiran hidup (Tanjung dan Sinaga, 2022).

Klasifikasi CP berdasarkan jumlah dan lokasi dan anggota gerak yang terlibat terbagi menjadi empat tipe yaitu (Tanjung dan Sinaga, 2022):

### 1). *Cerebral Palsy* spastik.

Tipe ini dijumpai sekitar 70-80%, karakteristik dari tipe ini adalah terjadi kekakuan otot anak yang menyebabkan kesulitan bergerak dan mempertahankan postur tubuh. Berdasarkan anggota tubuh yang terlibat, tipe ini dibagi menjadi:

- a. Spastik monoplegia, yaitu kekakuan yang melibatkan satu ekstremitas bagian atas atau bawah.
- b. *Spastik diplegia*, yaitu kekakuan yang melibatkan empat ekstremitas.
- c. Spastik triplegia, yaitu kekakuan yang melibatkan unilateral ekstremitas atas dan bilateral (asimetri) ekstremitas bawah.
- d. Spastik quadriplegia, yaitu kekakuan yang melibatkan seluruh ekstremitas termasuk bagian badan.
- e. Spastik hemiplegia, yaitu kekakuan yang melibatkan Sebagian sisi tubuh baik kanan maupun kiri.

### 2). *Cerebral Palsy* diskinetik.

Tipe ini memiliki gejala Gerakan ekstrapiramidial, atau respon Gerakan yang abnormal seperti *dystonia* (gerakan otot tanpa disengaja) dan *ethetosis* (gerakan tubuh seperti meliuk yang lambat, berulang, dan tak sadar).

### 3). Ataksia.

Tipe ini menunjukkan terganggunya keseimbangan tubuh terutama saat berjalan.

### 4). Tipe Campuran

Tipe ini terdiri dari satu atau lebih tipe motorik seperti spastik dan diskinetik.

Tipe CP yang paling sering ditemukan adalah *spastik diplegi* yang terjadi sekitar 70-80%, dimana tipe ini mengalami kesulitan dalam berjalan (Wulandari, Weta dan Imron, 2016). Alat Kesehatan dapat membantu orang dengan CP untuk menunjang kegiatan sehari-hari, namun para produsen alat Kesehatan harus memastikan bahwa alat tersebut harus memenuhi standar Kesehatan, berkualitas, dan efisien, untuk menghindari resiko di kemudian hari (Ariffin dkk., 2020).

Penggunaan alat Kesehatan seperti kursi roda dapat membantu orang dengan CP untuk melakukan kegiatan sehari-hari (Arsyad dan Anzari, 2017). Namun desain kursi roda untuk orang dengan CP harus dirancang sedemikian rupa untuk memenuhi kebutuhan orang dengan CP, dimana orang dengan CP kesulitan untuk menahan kepala dan mempertahankan postur tubuh. Saat ini sudah dirancang kursi roda untuk pasien CP yang dapat memenuhi kebutuhan orang dengan CP.

Evaluasi ergonomi pada kursi roda untuk orang dengan CP menjadi penting dilakukan agar penggunaan kursi roda dapat efektif sesuai tujuan yang diinginkan dan tidak menimbulkan risiko Kesehatan di kemudian hari. Hal ini sejalan dengan tujuan dari ergonomi itu sendiri, dimana penerapan ergonomi perlu dilakukan untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan (IEA, 2022). Secara antropometri, orang dengan CP memiliki dimensi antropometri yang berbeda dengan orang pada umumnya (Isharyadi and Ningtyas, 2013; Nabilah, Shanat dan Mohamaddan, 2020). Salah satu cara untuk evaluasi ergonomi adalah dengan melakukan evaluasi secara tidak langsung menggunakan *digital human modelling*.

*Digital human modelling* atau pemodelan manusia digital telah banyak digunakan dalam perancangan produk, penggunaan *digital human modelling* dapat membantu para desainer untuk

menggambarkan hasil rancangan pada saat digunakan. Dalam perspektif ergonomi, *digital human modelling* dapat menilai tingkat kenyamanan, evaluasi postur tubuh, dan kesesuaian antropometri dari produk atau stasiun kerja (Hu dkk., 2022; Satheeshkumar dan Krishnakumar, 2022).

Pasien dengan CP terutama tipe *spastik diplegi* memiliki kesulitan dalam berjalan, penggunaan kursi roda yang khusus di desain untuk CP khususnya anak-anak dapat membantu mereka dalam beraktivitas sehari-hari. Evaluasi ergonomi pada pengembangan produk kursi roda untuk CP penting dilakukan untuk memastikan kursi roda yang dihasilkan aman dan nyaman. *Digital human modelling* merupakan salah satu cara meng-evaluasi produk pada saat digunakan. Sehingga tujuan pada penelitian ini adalah melakukan pemodelan rancangan kursi roda untuk anak-anak dengan CP dengan pendekatan antropometri dan melakukan evaluasi ergonomi pada saat kursi roda digunakan dengan pendekatan *digital human modelling*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah Orang Indonesia dengan CP dengan kriteria usia Anak-anak dengan rentang usia 5-18 tahun. Berjenis kelamin laki-laki dan perempuan. Jumlah responden yang mengisi kuesioner adalah 120 data, jumlah sampel yang memenuhi kriteria di atas adalah 90 data.

### 2.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data jenis kelamin, usia, berat badan, dan tinggi badan. Data jenis kelamin bersifat nominal, sedangkan data berat badan dan tinggi badan bersifat interval.

Data lain yang dibutuhkan adalah data kursi roda yang dikembangkan untuk pasien CP yaitu dimensi sandaran dan dudukan, dan fitur-fitur pada kursi roda.

### 2.3. Pengolahan data

Pengolahan data pada penelitian ini meliputi:

- 1). Pengujian statistik deskriptif terhadap data Tinggi Badan dan Berat Badan.
- 2). Pengujian kenormalan terhadap data Tinggi Badan dan Berat Badan.
- 3). Menghitung nilai persentil 5<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, dan 95<sup>th</sup> terhadap data Tinggi Badan dan Berat Badan.
- 4). Melakukan simulasi penggunaan kursi roda pada populasi dengan nilai persentil 50<sup>th</sup> dan 95<sup>th</sup> dengan Jack Simulation Software.
- 5). Melakukan analisis ergonomi dengan parameter *Lower Back Analysis*, dan *Comfort Assessment* dengan Jack Simulation Software.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

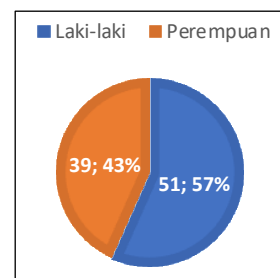
### 3.1. Desain Kursi Roda untuk CP

Fitur pada kursi roda hasil rancangan adalah:

- 1). Dimensi dudukan 435 x 445 x 30 cm.
- 2). Dimensi sandaran 435 x 445 x 30 cm.
- 3). Stopper pada dudukan
- 4). Sandaran kepala naik turun
- 5). *Adjustable footrest*
- 6). *Reclining seat*

### 3.2. Data Responden

Berdasarkan hasil pengumpulan data dari 90 responden yang disurvei sebesar 51,57% berjenis kelamin Laki-laki dan 39,43% berjenis kelamin perempuan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis kelamin responden

Hasil uji statistik deskriptif untuk parameter usia, berat badan, dan tinggi badan dari 90 responden dengan bantuan *software* SPSS terdapat pada Tabel 1.

Hasil pengujian kenormalan terhadap 90 data tinggi badan dan berat badan menggunakan Uji Kolmogorov Smirnov dengan bantuan SPSS. hasil Uji kenormalan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Uji statistik deskriptif usia, tinggi badan dan berat badan

	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi	Kurtosis	
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Std. Error
Usia	90	5	18	9.96	3.774	-.684	.503
BB	90	11	56	25.93	11.121	.402	.503
TB	90	91	160	124.57	17.491	-.940	.503
Valid N (listwise)	90						

Tabel 2. Hasil uji Kenormalan dengan Kolmogorov-Smirnov

	BB	TB
N	90	90
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	25.93
	Std. Deviation	11.121
	Absolute	.167
Most Extreme Differences	Positive	.167
	Negative	-.090
Kolmogorov-Smirnov Z	1.580	1.293
Asymp. Sig. (2-tailed)	.014	.071

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Hasil uji kenormalan data didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,014 untuk berat badan dan 0,071 untuk tinggi badan. Dasar pengambilan keputusan dalam Uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov adalah, data berdistribusi normal bila hasil signifikansi di atas 0,05, dan data tidak berdistribusi normal bisa signifikansi di bawah 0,05. Untuk data berat badan, hasil signifikansi di bawah 0,05, maka berat badan tidak berdistribusi normal. Sedangkan, untuk tinggi badan hasil signifikansi di atas 0,05 maka data berdistribusi normal.

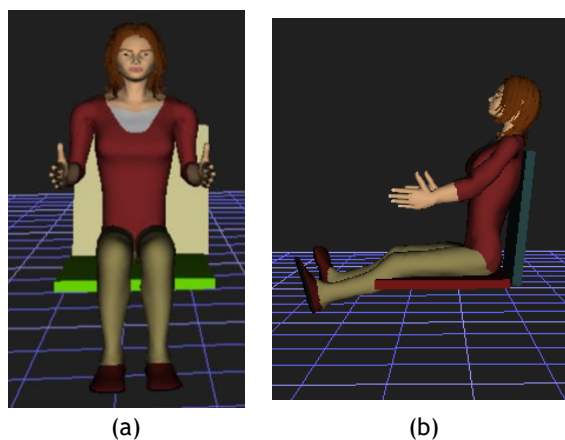
Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai persentil untuk tinggi badan dan berat badan. Nilai persentil yang digunakan adalah persentil 5<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> dan 95<sup>th</sup>. Perhitungan nilai persentil terdapat pada Tabel 3.

Selanjutnya dari data Tinggi Badan dan Berat Badan dilakukan simulasi menggunakan Jack Simulation 8.4, dengan input Tinggi Badan, Berat Badan dan Dimensi dudukan dan sandaran hasil perancangan. Untuk data persentil 5<sup>th</sup>, tidak bisa dilakukan simulasi, karena nilai tinggi badan terlalu kecil, minimal yang bisa dimasukkan dalam *software* Jack Simulation adalah 120 cm. Sehingga yang dilakukan simulasi adalah nilai persentil 50<sup>th</sup> atau nilai mean dan nilai persentil 95<sup>th</sup>. Hasil simulasi penggunaan kursi roda untuk nilai

persentil 50<sup>th</sup> tampak depan dan tampak samping terdapat pada Gambar 2.

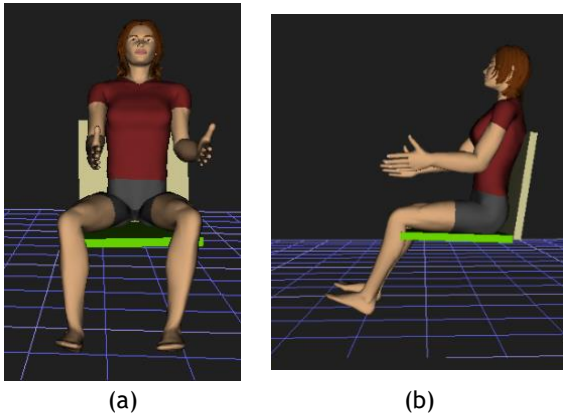
Tabel 3. Nilai persentil 5<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup> tinggi badan dan berat badan

Parameter	Persentil	Hasil (cm)
Tinggi Badan	5 <sup>th</sup>	95.80
	50 <sup>th</sup>	124.57
	95 <sup>th</sup>	153.34
Berat Badan	5 <sup>th</sup>	7.64
	50 <sup>th</sup>	25.93
	95 <sup>th</sup>	44.22



Gambar 2. Simulasi duduk pada kursi roda dengan nilai persentil 50<sup>th</sup>; (a) Tampak depan; (b) Tampak samping

Hasil simulasi penggunaan kursi roda untuk nilai persentil 95<sup>th</sup> tampak depan dan tampak samping terdapat pada [Gambar 3](#).



**Gambar 3.** Simulasi duduk pada kursi roda dengan nilai persentil 95<sup>th</sup>; (a) Tampak depan; (b) Tampak samping

Dari hasil simulasi tersebut lalu dilakukan evaluasi ergonomi dengan parameter *lower back analysis* dan *comfort assessment*. Pada *lower back analysis*, parameter yang digunakan adalah nilai *compression* pada L4/L5 (tulang belakang pada lumbar 4 dan Lumbar 5) juga nilai *muscle tension*. Hasil *lower back analysis* untuk persentil 50<sup>th</sup>, terdapat pada [Gambar 4](#) dan [Gambar 5](#). Hasil *lower back analysis* untuk persentil 95<sup>th</sup>, terdapat pada [Gambar 6](#) dan [Gambar 7](#).

Evaluasi *comfort assessment*, parameter yang digunakan adalah Dreyfuss (2D) dengan nilai seperti pada [Gambar 8](#) untuk persentil 50<sup>th</sup> dan [Gambar 9](#) untuk persentil 95<sup>th</sup>. Evaluasi ergonomi dilakukan untuk mengetahui tingkat kenyamanan calon pengguna kursi roda pada saat menggunakan kursi roda hasil rancangan. Kursi roda hasil rancangan merupakan kursi roda untuk CP khususnya anak-anak, dengan kategori usia 5-18 tahun. Kursi roda hasil rancangan memiliki fitur sesuai dengan kebutuhan anak-anak CP, yaitu memiliki stopper

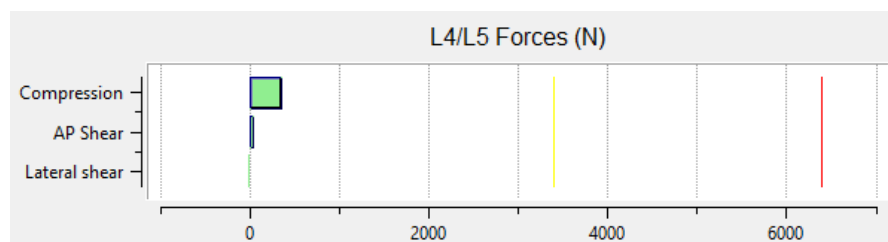
untuk penahan punggung, *reclining seat*, dan penyangga kaki yang bisa diatur kemiringannya dan panjangnya.

Dilakukan evaluasi ergonomi berdasarkan antropometri anak-anak Indonesia dengan rentang usia 5-18 tahun, nilai persentil 50<sup>th</sup> dengan tinggi badan 124.57 cm dan berat badan 25.93 kg pada saat menggunakan kursi roda terdapat pada [Gambar 2](#) terlihat bahwa dudukan kursi roda bisa mencukupi kebutuhan dudukan. kekurangannya adalah kaki yang masih menggantung agar punggung pengguna menempel pada sandaran. sedangkan tinggi sandaran bisa memenuhi Panjang punggung pengguna.

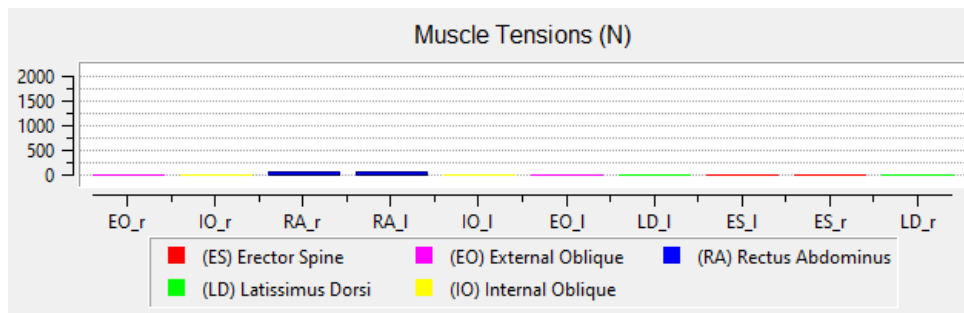
Pada persentil 95<sup>th</sup>, dengan tinggi badan 153,34 cm dan berat badan 44,22 kg, pada saat menggunakan kursi roda ini terlihat fit dengan tubuh, dimana dudukan bisa memenuhi Panjang popliteal pengguna, dan sandaran dapat memenuhi Panjang punggung pengguna.

Evaluasi ergonomi selanjutnya adalah *lower back analysis*, evaluasi ini untuk melihat tekanan pada lumbar 4 dan lumbar 5 (L4/L5) pada saat posisi duduk, dapat terlihat dari hasil evaluasi pada [Gambar 4](#) dan [Gambar 6](#) untuk persentil 50<sup>th</sup> dan persentil 95<sup>th</sup>. Hasil keduanya menunjukkan nilai *compression* tidak lebih dari 3400 N. Berdasarkan standar NIOSH, apabila nilai *compression* tidak melebihi 3400N, maka tidak ada tekanan pada L4/L5 ([Sun dkk., 2020](#)).

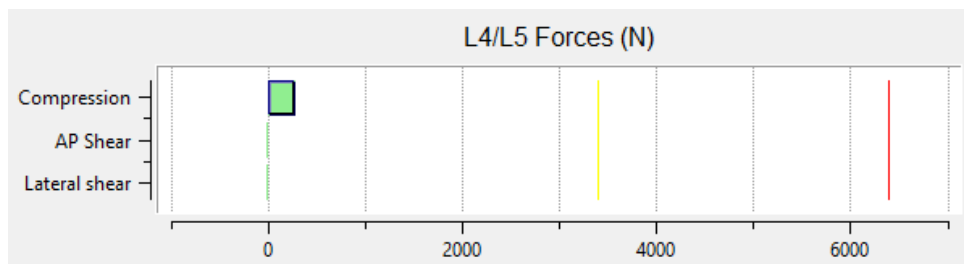
Evaluasi ergonomi selanjutnya adalah *comfort assessment* dengan pendekatan Dreyfuss (2D) yang ditunjukkan pada [Gambar 8](#) dan [Gambar 9](#) ([Anwary dkk., 2021](#)). Hasil *comfort assessment* untuk persentil 50<sup>th</sup> terdapat grafik berwarna kuning pada lutut kanan dan kiri, artinya terdapat ketidaknyamanan, hal ini disebabkan karena kaki masih menggantung agar punggung bisa bersandar. untuk nilai persentil 95<sup>th</sup> hasilnya *comfort assessment* terlihat baik.



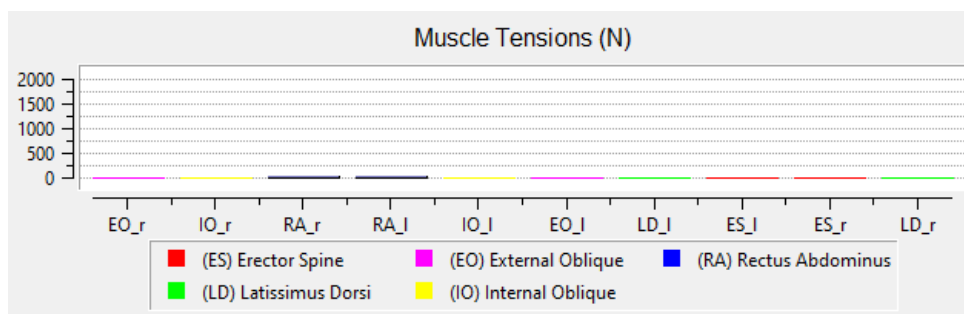
**Gambar 4.** Nilai Compression pada Gaya L4/L5 (N) pada persentil 50<sup>th</sup>



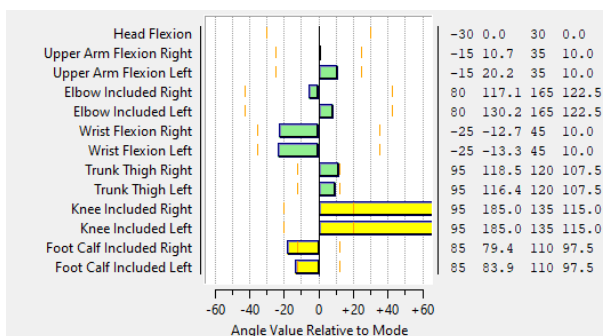
Gambar 5. Muscle Tension pada persentil 50<sup>th</sup>



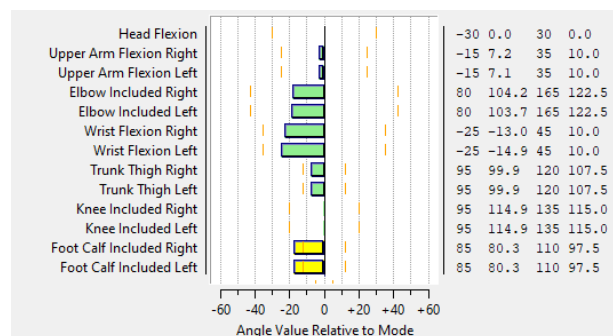
Gambar 6. Nilai Compression pada Gaya L4/L5 (N) pada persentil 95<sup>th</sup>



Gambar 7. Muscle Tension pada persentil 95<sup>th</sup>



Gambar 8. Comfort Assessment Dreyfuss (2D) persentil 50<sup>th</sup>



Gambar 9. Comfort Assessment Dreyfuss (2D) persentil 95<sup>th</sup>

#### 4. SIMPULAN

Hasil evaluasi ergonomi dengan parameter *lower back analysis* hasilnya baik untuk persentil 50<sup>th</sup> dan 95<sup>th</sup>, sedangkan untuk parameter *comfort assessment* hasilnya baik untuk nilai persentil 95<sup>th</sup> dan terdapat ketidaknyamanan pada lutut kanan dan kiri apabila digunakan pada persentil 50<sup>th</sup>.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dirjen Dikti Riset Kemdikbudristek yang telah mendanai penelitian ini melalui program *Matching Fund* Tahun 2022 dengan Nomor PKS: 243/E1/KS.06.02/2022 serta kontrak penugasan dari Universitas Pancasila dengan Nomor PKS: 2886/PKS/R/UP/VII/2022.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anwary, A.R. dkk. (2021) 'Smart-Cover: A real time sitting posture monitoring system', *Sensors and Actuators A: Physical*, 317, hal. 1-16.
- Ariffin, R.A. dkk. (2020) 'An Ergonomic Perspective of User Need on Physio-Treadmill (PhyMill) Criteria: Knowledge and Awareness of Cerebral Palsy among Future Parents', *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(5), hal. 052071.1-052071.8.
- Arsyad, M. dan Anzari, A.M. (2017) 'Rancang Bangun Kursi Penderita Cerebral Palsy', *INTEK: Jurnal Penelitian*, 4(2), hal. 103-106.
- Eviani, D. (2019) *Pentingnya Program Khusus Bina Diri Dan Bina Gerak Pada Anak Cerebral Palsy*. Tugas Akhir. Program Studi Pendidikan Khusus Universitas Lambung Mangkurat.
- Hu, J. dkk. (2022) 'Construction of Evaluation Index System of Office Sitting Comfort Based on Ergonomics', *Modelling and Simulation in Engineering*, 2022, hal. 1-12.
- IEA, - International Ergonomic Association (2022) *What Is Ergonomics (HFE)?, What Is Ergonomics (HFE)?* Available at: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/> [Online] (Diakses: 1 November 2022).
- Isharyadi, F. dan Ningtyas, D.R. (2013) 'Kesesuaian SNI 12-0179-1987 Bagi Penderita Disabilitas di Indonesia', *Jurnal Standarisasi*, 15(3), hal. 230-239.
- Nabilah, N., Shanat, M. dan Mohamaddan, S. (2020) 'An Anthropometric Measurement Of Cerebral Palsy Children For Developing Product Design', *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8, hal. 2708-2711.
- Satheeshkumar, M. dan Krishnakumar, K. (2022) 'Ergonomic Assessment of Lower Back Pain Among Coir Industry Workers and Workstation Modification', *Technology-Enabled Work-System Design*, 2022, hal. 11-19.
- Sun, Y. dkk. (2020) 'Ergonomics Analysis of Hand-Held Grinding Operation Working Posture Based on Jack', in S. Long and B.S. Dhillon (eds) *Man-Machine-Environment System Engineering*. Singapore: Springer (Lecture Notes in Electrical Engineering), hal. 733-740.
- Tanjung, A.S. dan Sinaga, N. (2022) *Karakteristik Pasien Palsi Serebral Di Rumah Sakit Haji Medan tahun 2020-2021*. Tugas Akhir. Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Wulandari, R., Weta, I.W. dan Imron, Moh.A. (2016) 'Penambahan Latihan Hidroterapi Pada Terapi Bobath Lebih Meningkatkan Kecepatan Berjalan Pada Cerebral Palsy Spastik Diplegi', *Sport and Fitness Journal*, 4(1), hal. 25-36.

