

Pengembangan Desain Treadmill Sebagai Alat Latihan Berjalan Pada Cerebral Palsy dengan Memanfaatkan Realitas Virtual

Irma Mayla Andreani dan Djoko Kuswanto

Departemen Desain Produk, Fakultas Arsitektur Desain Dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: crewol@prodes.its.ac.id

Abstrak—*Cerebral Palsy (CP)* adalah suatu kelainan statis nonprogresif yang disebabkan oleh cedera otak pada periode prenatal, perinatal dan postural. Kelainan ini mempengaruhi ketidakmampuan penderita untuk mengendalikan fungsi motorik, postur/sikap dan pergerakan akibat kerusakan sistem saraf pusat. Belum ada pengobatan yang mampu mengobati kelainan ini. Namun, terdapat beberapa metode yang bisa digunakan untuk melatih fungsi gerak penderita berdasarkan potensi dan kemampuan mereka, salah satunya adalah latihan fungsi gerak motorik kasar, khususnya untuk latihan berjalan. Latihan berjalan membutuhkan ruang gerak yang cukup luas dengan pengawasan dari beberapa orang terapis karena apabila terjatuh, dikhawatirkan akan terjadi cedera pada bagian otot kaki. Selain itu, suasana ruang terapi sangat mempengaruhi psikis penderita *CP* sehingga tak sedikit kasus penderita yang berpindah tempat terapi demi untuk mencari suasana terapi yang berbeda. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menciptakan alat latihan berjalan yang lebih aman, dapat diawasi dengan mudah serta memberikan suasana latihan yang menyenangkan. Proses desain dimulai dengan pengumpulan data melalui metode komparasi jurnal, observasi dan pendekatan terhadap *stakeholder*. Melalui pengumpulan data tersebut didapatkan permasalahan dan kebutuhan penderita *CP* dalam melakukan latihan berjalan yang kemudian diolah bersama dengan literatur yang berkaitan sehingga menjadi produk dengan konsep desain *stability* dan *fun*. Hasil perancangan ini berupa alat latihan berjalan berupa *Treadmill* yang dilengkapi dengan *safety belt* dan memanfaatkan lingkungan virtual sebagai pengganti suasana ruangan latihan yang dapat dijelajahi oleh penderita.

Kata Kunci—*Cerebral Palsy, Realitas Virtual, Treadmill.*

I. PENDAHULUAN

CEREBRAL Palsy (CP) adalah suatu kelainan statis nonprogresif yang disebabkan oleh cedera otak pada periode prenatal, perinatal dan postural, yang berpengaruh pada ketidakmampuan untuk mengendalikan fungsi motorik, postur/sikap dan pergerakan akibat kerusakan sistem saraf pusat [1]. Untuk di Indonesia, kurang lebih 5,5 per 1000 dengan rasio penyeimbangan yang sama dalam aspek jenis kelamin, ras dan Negara [2]. Untuk mengetahui kemampuan motorik kasar CP, dilakukan pengujian secara internasional yang biasa disebut sebagai *Gross Motor Function Classification System (GMFCS)* [3]. GMFCS dibagi atas 5 level, yaitu:

1. Level I : Aktivitas tidak terbatas, keseimbangan masih kurang baik
2. Level II : Ada sedikit keterbatasan dalam aktivitas

3. Level III : Berjalan dengan menggunakan alat bantu
4. Level IV : Perpindahan mandiri menggunakan kursi roda dengan keterbatasan
5. Level V : Perpindahan menggunakan kursi roda dengan bantuan dari orang lain

CP tidak dapat disembuhkan namun pengobatan dan terapi dapat meningkatkan kemampuan penderita [4]. Sebagian besar penderita *CP* memiliki kemungkinan untuk berjalan 60% dengan alat bantu, 10% berjalan dengan alat bantu, 30% menggunakan kursi roda atau alat bantu [5]. Namun tanpa latihan dan rehabilitasi medis, penderita *CP* dapat mengalami penurunan kemampuan fisik. Rehabilitasi saat ini terbagi atas 2 tipe, yaitu rehabilitasi konvensional dan teknologi rehabilitasi. Rehabilitasi konvensional mulai ditinggalkan karena suasananya cenderung menimbulkan rasa tertekan sehingga mengakibatkan trauma. Hal ini mendasari perkembangan teknologi rehabilitasi untuk mengkombinasikan rehailitasi konvensional dengan penambahan teknologi untuk menciptakan ketertarikan pada anak selama proses rehabilitasi. Meskipun demikian, di Indonesia belum ada pusat rehabilitasi yang menggunakan teknologi. Ini dikarenakan keraguan terapis terhadap desain dan penggunaan kacamata realitas virtual yang kurang aman dan belum bisa memenuhi standar untuk digunakan pada *CP*. Dibalik kekhawatiran itu, telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan realitas virtual dapat menjanjikan teknologi rehabilitasi yang lebih baik [6],[7],[8],[9], dan [10].

Berdasarkan data *assesment* YPAC Surabaya, pada tahun ajaran 2015-2016 terdaftar 73 penderita binaan dengan kasus *CP* dengan jenis terbanyak adalah jenis campuran antara spastik dan atetoid pada usia TK hingga sekolah dasar [11]. Usia tersebut adalah usia tumbuh kembang dimana penderita senang bermain dan hal ini berpotensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Dengan memanfaatkan literatur dan informasi yang ada baik dari dalam maupun luar negeri, penulis akan merancang alat untuk latihan berjalan berupa *treadmill* yang akan dikombinasikan penggunaannya dengan realitas virtual untuk menarik minat penderita *CP* dalam berjalan menjelajahi lingkungan tersebut.

Tabel 2.
Komparasi literatur jurnal mengenai teknologi permainan

Parameter	Designing Toys and Technologies for Rehabilitation [12]	Complementary Treatment for Children CP based Virtual Reality [13]	Virtual Reality Technology for Rehabilitation of CP: A Literature Review [14]	BiMU- Inertial sensors and Virtual Reality Games for The Rehabilitation of the Upper Limb in CP [15]
Subjek	Psikologi anak dan produk inovasi	Lingkungan virtual	Literature teknologi untuk rehabilitasi	Platform BiMU
Objek	Mainan interaktif	Rehabilitasi kognitif dan motorik	Tingkat keberhasilan terapi dengan teknologi	Penambahan sensor dan game Virtual Reality
Tujuan	Mendesain, mengembangkan, mengevaluasi mainan terapi	Mendorong kemampuan kognitif dan motorik anak	Menentukan teknologi yang paling efektif	Mengaplikasikan Virtual Reality
Teknologi	Sensor motorik	Virtual Reality, sensor Leap Motion dan sensor Mindwave	Virtual Reality, Augmented Reality, Nintendo Wii, The sensor Kinect	Sensor inersial (WIMU) dan permainan Virtual Reality
Dampak Umum	Mampu melakukan gerakan yang sulit	Mendapatkan kemajuan kognitif dan motorik	Virtual Reality yang paling efektif	Kemajuan signifikan dalam motorik pasien
Dampak Psikologi	Lebih bersemangat menjalankan terapi	Lebih bersemangat menjalani terapi	Lebih fokus dalam mengembangkan teknologi rehabilitasi	Pasien mengalami kemajuan dan peneliti optimis

II. URAIAN PENELITIAN

A. Komparasi Literatur

Komparasi literatur adalah perbandingan beberapa penelitian yang telah ditinjau dan dipelajari dengan tujuan tertentu. Metode ini bertujuan untuk menemukan sebuah faktor penelitian yang dapat menjadi acuan bagi penelitian. Diawali dengan mengumpulkan literatur dengan penelitian sejenis, yang kemudian dikaji ulang dengan menggunakan parameter penelitian yang dibutuhkan.

B. Survey Lapangan Dan Wawancara

Survey lapangan adalah metode yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan berdasarkan situasi dan kondisi yang dialami oleh stakeholder, baik itu oleh user, orangtua user, terapis maupun pemilik yayasan. Selain melalui survey, juga dibutuhkan wawancara yang mendalam untuk mengetahui kebutuhan user berdasarkan keluhan serta pengamatan langsung saat user melakukan rehabilitasi.

C. Studi dan Analisa

Studi dan analisis dilakukan berdasarkan kebutuhan penelitian untuk mengetahui kebutuhan user, fitur yang dibutuhkan, mekanik yang digunakan serta dimensi produk. Studi dilakukan dengan membandingkan 2 atau lebih literatur untuk mengetahui mana yang lebih tepat digunakan

Tabel 1.
Analisis kebutuhan berdasarkan level GMFCS

Data Jurnal	Level I	Level II	Level III
	<u>Dalam Ruang</u> : Menggunakan alat bantu untuk keamanan <u>Tangga</u> : Menaiki tangga dengan berpengangan pada hand rails <u>Luar Ruang</u> : Menggunakan kursi roda	<u>Dalam Ruang</u> : Menggunakan alat bantu gerak Sekolah : Menggunakan kursi roda manual atau listrik <u>Tangga</u> : Menaiki tangga dengan berpegang pada hand rails dengan bantuan asisten <u>Luar Ruang</u> : Menggunakan kursi roda	<u>Dalam Ruang</u> : Berjalan jarak pendek dengan bantuan asisten, alat bantu jalan beroda atau penyangga badan untuk berjalan <u>Tangga</u> : bisa dengan bantuan asisten dan tetap berpengangan pada <i>handrail</i> di samping kiri dan kanan tangga <u>Luar Ruang</u> : Menggunakan kursi roda dengan bantuan asisten atau menggunakan kursi roda elektrik

Postur dan gesture



Gambar 1 siluet GMFCS level 2 (warna oranye adalah bagian otot yang digunakan)



Gambar 2 siluet GMFCS level II (warna abu-abu sebagai asisten latihan jalan dan warna oranye adalah otot yang digunakan)



Gambar 3 siluet GMFCS level III (abu-abu sebagai asisten latihan dan oranye adalah otot yang digunakan)

Posture dan Gesture

	Level I	Level II	Level III
Solusi	Penentuan otot kontraksi diasumsikan dengan otot postur normal pada saat berjalan. Referensi : www.cadarn.ac.uk	Penentuan otot kontraksi diasumsikan dengan otot postur normal pada saat berjalan. Referensi : www.cadarn.ac.uk	Penentuan otot kontraksi melalui wawancara pada anak CP berusia 8 tahun dengan pengaruh orangtua
	Handle agar lebih seimbang Penghalang diantara kedua kaki agar tidak menyilang di bagian lutut kebawah (apabila terdapat scissor gait)	Handle untuk pegangan agar lebih seimbang Penjaga postur hingga bagian lumbar yang mengikat ke bagian posterior (apabila postur tubuh tidak normal dan tidak ada kontraktur sendi)	Penjaga postur hingga bagian ketiak Penyokong diantara kedua selangkang karena belum bisa berdiri sendiri

sebagai acuan pustaka. Analisis diawali dengan studi literatur yang kemudian diuji coba untuk dapat mendapatkan hasil yang dapat diaplikasikan pada produk. Analisis bisa dilakukan baik dengan uji coba secara langsung maupun dengan bantu software digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

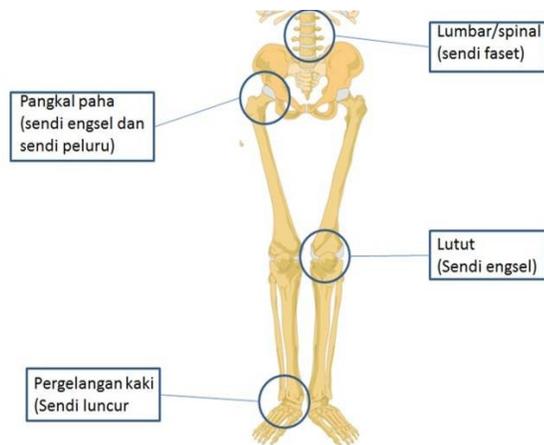
A. Komparasi Literatur

Kesimpulan dari hasil komparasi literatur pada Tabel 1 adalah banyak peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai teknologi yang tepat untuk rehabilitasi pada CP dan dari sejumlah penelitian yang telah di review, menunjukkan bahwa teknologi dengan menggunakan *Virtual Reality* atau *Virtual Environment* memberikan dampak yang paling menjanjikan jika dibandingkan dengan teknologi yang lain.

B. Studi Dan Analisis

Pada klasifikasi penderita CP dengan *Gross Motor Function Classification System*, penderita CP dibagi menjadi 5 level dengan keterangan alat bantu jalan yang digunakan berdasarkan pada kemampuan jalan anak dalam kehidupan sehari-hari. Dalam analisis ini, akan dijabarkan kebutuhan dan kondisi fisik pada level I hingga III GMFCS sehingga dapat ditentukan fitur apa yang dibutuhkan untuk setiap level. (Tabel 2)

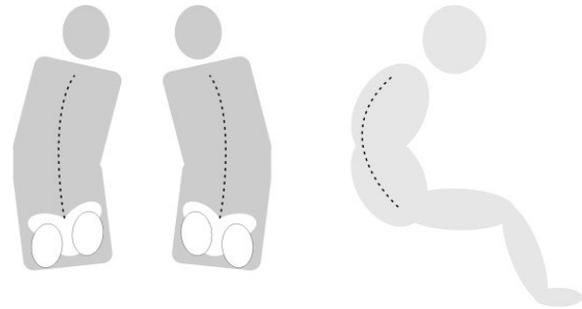
Berdasarkan dari hasil analisa diatas, maka didapatkan fitur-fitur yang dibutuhkan untuk memperbaiki postur tubuh serta kebutuhan gestur jalan penderita berupa handle, penghalang antara kedua kaki (yang biasa disebut sebagai *abduction board*), penjaga postur spinal dalam bentuk sandaran, serta penyokong berat badan pada titik tumpu badan apabila pengguna merasa lelah saat berjalannya proses terapi. Kemudian dilakukan studi postur untuk mengetahui bentuk komponen pendukung fitur yang dibutuhkan sehingga dapat sekaligus memnuhi unsur ergonomic dari pengguna.



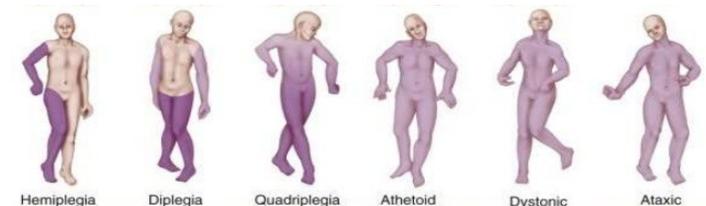
Gambar 4. Sendi yang perlu diperhatikan pada kaki.

Kekakuan otot yang dialami oleh penderita CP berpengaruh pada postur tubuh penderita, terutama pada bagian tulang punggung serta postur kaki sehingga dibutuhkan adanya perhatian khusus untuk perbaikan postur tubuh serta postur kaki. Perbedaan postur ini terfokus pada beberapa titik sendi, khususnya pada sendi yang ada pada tiap

ruas tulang belakang dan kaki yang termasuk didalamnya pangkal paha, lutut serta tumit.

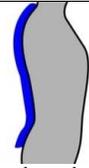
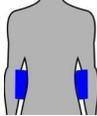
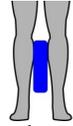


Gambar 5. Perubahan postur tubuh.



Gambar 6. postur kaki berdasarkan jenis CP [16].

Tabel 3. Rekomendasi garis bentukan untuk pengaman

No	Nama komponen	Rekomendasi garis bentuk
1	Sandaran	
2	Penyokong pinggang	
3	Penyokong pangkal paha	
4	Abduction board	

Gambar 7. Garis bentuk sandaran.

Gambar 9. Garis bentuk penyokong pinggang.

Gambar 10. Garis tampang depan dan samping dari penyokong pangkal paha.

Gambar 11. Garis bentuk penghalang antara kedua kaki.

Adanya perubahan postur kaki dan postur tubuh tersebut menunjukkan adanya kebutuhan atribut tambahan untuk perbaikan postur tubuh dan kaki dengan bentuk yang disesuaikan dengan kondisi kaki normal dan kondisi tulang spinal pada umumnya. Untuk itu dibutuhkan adanya sandaran yang menyesuaikan bentuk normal dari spinal serta pengaman yang membuat tubuh menempel pada sandaran, penyokong bagian pinggang untuk perbaikan postur, dudukan untuk membuka pangkal paha yang menyempit dan penghalang diantara kedua kaki penderita agar kaki tidak menyilang ataupun menempel pada bagian betis.

Rekomendasi yang dihasilkan yaitu pengaman tambahan yang menahan tubuh menempel pada sandaran akan diberi garis bentukan sesuai dengan postur tubuh normal yang diberikan akan diterjemahkan dalam gambar sebagai acuan bentuk dari komponen produk sehingga badan akan cenderung untuk mengikuti postur tubuh normal manusia pada umumnya.

Analisis diatas menjadi rujukan untuk bentukan pendukung postur tubuh serta fitur yang dibutuhkan pada treadmill. Untuk ukurannya akan disesuaikan dengan antropometri manusia pada umumnya karena untuk antropometri dari penderita CP sulit untuk dapat terukur dengan benar. Sehingga proses pengolahan data ini akan memunculkan alternatif desain sesuai dengan kriteria dari hasil studi dan analisis yang telah dilakukan.

C. Alternatif Desain

Hasil komparasi literatur serta studi dan analisis menghasilkan persyaratan desain yang kemudian diimplementasikan ke dalam beberapa alternatif desain treadmill sehingga desain dapat memenuhi kebutuhan pengguna dalam latihan berjalan sesuai dengan level kemampuan GMFCS penderita CP.

1. Alternatif desain 1



Gambar 12. Alternatif desain 1.

Alternatif desain yang pertama dilengkapi dengan dudukan dengan bentuk cekungan bagian tengah, dengan sandaran dan belt yang mengikuti garis yang telah direkomendasikan. Pada gambar ini *abduction board* dipasang untuk mengetahui seberapa tinggi saat ada di treadmill serta perbandingan dengan tiang penyangga pegangan dan pengamanannya.

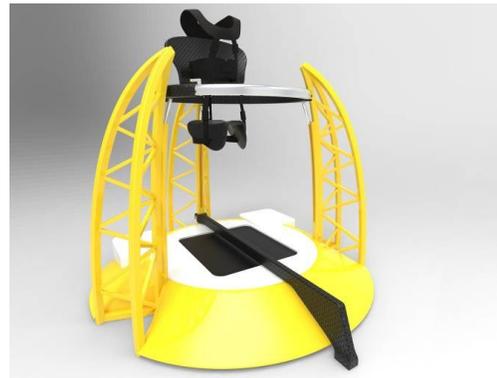
2. Alternatif desain 2

Alternatif kedua memiliki kelengkapan yang sama dengan alternatif desain yang pertama yaitu pengaman dan dudukan sesuai rekomendasi dari hasil studi dan analisis. Namun, ada perbedaan pada bagian tiang penyangga untuk pegangan dan pengaman yang ada.



Gambar 13. Alternatif desain 2.

3. Alternatif desain 3



Gambar 14. Alternatif desain 3.

Alternatif desain ketiga diberi kelengkapan yang sama sesuai dengan studi dan analisis yang telah diberikan. Namun, terdapat perbedaan pada bagian tiang dengan struktur rangka yang lebih kuat serta bagian yang menempel lantai memiliki luasan yang lebih lebar jika dibandingkan alternatif yang sebelumnya sehingga permukaannya lebih landai untuk ditapaki oleh terapis maupun penderita CP.

Dari beberapa alternatif desain tersebut akan diseleksi dengan parameter berupa hasil studi dan analisis yang telah dilakukan serta kesesuaian dengan kebutuhan dari pengguna sehingga terpilih desain yang paling sesuai untuk diterapkan.

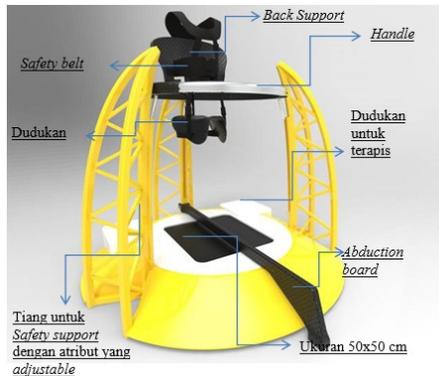
IV. KESIMPULAN

Perbandingan standar keamanan dilakukan sesuai dengan studi antropometri, studi ergonomi, data postur jalan anak serta kemampuan level GMFCS yang mereka miliki dan pendapat terapis yang telah terbiasa menggunakan produk berupa dukungan pengaman untuk anak-anak CP. Berdasarkan data di atas, maka diperoleh standar keamanan yang paling tepat, seperti:

1. Rompi keselamatan yang terhubung dengan alat bantu jalan untuk menahan tubuh anak agar tidak jatuh ke depan serta menahan tubuh untuk mengikuti postur pada sandaran
2. Sabuk pengaman yang terhubung dengan sandaran punggung untuk menjaga postur badan agar tidak miring ke samping kanan maupun kiri
3. Sandaran punggung untuk GMFCS level III sehingga dapat membantu perbaikan postur punggung anak yang

cenderung membungkuk

4. *Abduction board* untuk postur jalan yang *scissor gait* dengan ketinggian sesuai dengan tinggi mata kaki pada anak
 5. Penggunaan orthosis sesuai dengan rekomendasi dokter pada data assessment sehingga untuk yang satu ini paling opsional jika dibandingkan dengan yang lainnya
- Sehingga desain yang dipilih akan memperhitungkan keamanan serta kesesuaian dengan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, maka dari itu terpilih desain dari alternatif dengan keterangan berupa atribut dan fitur yang dimiliki.



Gambar 15. Detail desain terpilih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2012-2016. Selain itu, terima kasih untuk para *stakeholder* yang telah membantu berjalannya penelitian ini, terutama untuk pihak lembaga YPCP Surabaya serta dr. Mei dan dr. Alit selaku pembimbing klinis selama penelitian di RSUD Dr. Soetomo Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Jones, E. Morgan, J. Shelton, and C. Thorogood, "Cerebral Palsy: introduction and diagnosis (part I)," *J. Pediatr. Heal. Care*, 2007.
- [2] H. G. Chambers, "Treatment of functional limitations at the knee in ambulatory children with cerebral palsy," *Eur. J. Neurol.*, vol. 8, no. s5, pp. 59–74, Nov. 2001.
- [3] R. Palisano, P. Rosenbaum, S. Walter, D. Russell, E. Wood, and B. Galuppi, "Development and Reliability of a System to Classify Gross Motor Function in Children with Cerebral Palsy," *Dev Med Child Neurol*, 1997.
- [4] F. Miller, *Cerebral Palsy*, 3rd ed. Wilmington: Springer, 1995.
- [5] S. McIntyre, C. Morgan, K. Walker, and I. Novak, "Cerebral Palsy—don't delay," *Dev. Disabil. Res. Rev.*, vol. 17, no. 2, pp. 114–129, 2011.
- [6] Y. Chen and A. H. HsinChen D. Fanchiang, "Effectiveness of Virtual Reality in Children With Cerebral Palsy," 2017.
- [7] C. B. de M. M. Juliana Nobre de Paula, T. D. da Silva, C. M. Capelini, L. D. C. de Menezes, and S. W. & A. H. N. R. Thais Massetti, James Tonks, "Motor performance of individuals with Cerebral Palsy in A virtual game using a mobile phone," 2017.
- [8] E. Oliveira, G. Sousa, T. A. Tavares, and P. Tanner, "Sensory stimuli in gaming interaction," 2014.
- [9] T. Massetti, T. D. da Silva, S. R. P. M. Denise Cardoso Ribeiro, A. H. N. Re, F. M. Favero, and C. B. de M. Monteiro., "Motor learning through Virtual Reality in cerebral," *Med. Express*, vol. 6, pp. 302–306, 2014.
- [10] C. Gagliardi *et al.*, "Immersive Virtual Reality to improve walking abilities in Cerebral Palsy," *Ann. Biomed. Eng. Soc.*, 2018.
- [11] F. A. Rahma and D. Kuswanto, "Studi Pengaruh Desain Peralatan Postural pada Efisiensi Aktivitas dan Kestabilan Postur Pada Anak dengan Cerebral Palsy," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [12] J. J. T. Crisco and K. Nichols, "Designing Toys and Technologies for Rehabilitation," 2015.
- [13] R. C. G. F. Juliana M. de Oliveira, C. S., P. R. Pinto, S. R. Pinheiro, and V. H. C. de Albuquerque1, "Novel Virtual Environment for Alternative Treatment of Children with Cerebral Palsy," *Comput. Intell. Neurosci.*, p. 10, 2016.
- [14] F. R. C. Machado *et al.*, "Virtual Reality Technology for Rehabilitation of Cerebral Palsy: A Literature Review," *Trends Psychol.*, 2014.
- [15] M. A. Velasco *et al.*, *BiMU –Inertial sensors and virtual reality games for the rehabilitation of the upper limb in Cerebral Palsy*. Springer International Publishing AG, 2017.
- [16] S. Padmakar, K. S. Kumar, and S. Parveen, "Management and Treatment for Cerebral Palsy in Children," *Indian J. Pharm. Pract.*, vol. 11, no. 2, 2018.