

PERANCANGAN ALAT TERAPI FISIK TANGAN DAN KAKI YANG ERGONOMIS BAGI ANAK-ANAK PENDERITA *CEREBRAL PALSY* USIA 3 - 5 TAHUN

Thedy Yogasara, Fransisca, dan Daniel Siswanto

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik
Parahyangan

Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141

E-mail:

thedy@home.unpar.ac.id,

fransisca_mingz@yahoo.com, daniels@home.unpar.ac.id

Abstrak

Cerebral palsy merupakan kelainan yang disebabkan adanya kerusakan pada bagian otak yang berfungsi mengendalikan kemampuan manusia dalam menggerakkan otot dan anggota tubuhnya. Seseorang telah dapat dinyatakan positif menderita cerebral palsy pada usia 3 - 5 tahun. Terapi fisik merupakan salah satu terapi yang paling bermanfaat dan dibutuhkan bagi anak penderita cerebral palsy, karena berguna untuk meningkatkan kemampuan motorik kasar, fleksibilitas, kemampuan bergerak dan fungsi tubuh, serta melatih keseimbangan.

Alat terapi fisik yang ada saat ini jenisnya terbatas dan hanya mampu digunakan untuk memenuhi sebagian kecil kebutuhan terapi, dimana belum dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan motorik anggota tubuh tangan dan kaki secara simultan dan terkoordinasi. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses tumbuh kembang dan kemandirian anak penderita cerebral palsy dalam menjalani aktivitas kesehariannya.

Penelitian ini akan membahas mengenai perancangan alat terapi fisik tangan dan kaki bagi anak penderita cerebral palsy usia 3 - 5 tahun yang memenuhi kriteria ergonomi. Pengumpulan data dan wawancara secara langsung (terhadap dokter dan ahli terapi) dilakukan pada pusat terapi kelainan perkembangan dan saraf anak, Our Dream, Bandung. Data yang dikumpulkan adalah data antropometri anak penderita cerebral palsy usia 3 - 5 tahun yang berada di Our Dream dan informasi mengenai alat-alat terapi fisik yang ada saat ini.

Penelitian ini menghasilkan perancangan alat terapi fisik usulan yang dapat mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan terapi bagi anak penderita cerebral palsy. Selain itu dihasilkan pula penentuan dimensi alat terapi yang disesuaikan dengan dimensi tubuh penggunaannya dan penentuan atribut-atribut pengaman berdasarkan kebutuhan khusus penggunaannya. Seluruh hasil perancangan tersebut mengarah pada pemenuhan aspek manfaat, keamanan, dan kenyamanan bagi anak penderita cerebral palsy dalam menjalankan kegiatan terapi fisiknya.

Kata kunci: alat terapi fisik, cerebral palsy, ergonomis, anak-anak

1. Pendahuluan

Fakta saat ini menunjukkan bahwa semakin banyak anak yang mengalami kelainan dalam perkembangannya, salah satunya adalah kelainan *cerebral palsy* (<http://www.kidshealth.org/>). Penderita *cerebral palsy* mengalami kerusakan pada bagian otak yang berfungsi mengendalikan kemampuan dalam menggerakkan otot dan anggota tubuh. Kerusakan pada bagian otak ini akan mempengaruhi kemampuan motorik anak penderita *cerebral palsy* sehingga mereka akan mengalami kekakuan otot, kesulitan dalam



melakukan mobilisasi dan menggerakkan anggota tubuhnya (terutama tangan dan kaki), serta kurangnya keseimbangan dan kemampuan dalam menerima input sensorik dengan baik (<http://www.nichcy.org/>).

Di negara berkembang, *cerebral palsy* dikatakan dapat terjadi dalam kisaran dua sampai dengan dua setengah dari setiap 1000 angka kelahiran (<http://en.wikipedia.org/>). *Cerebral palsy* dapat dideteksi ketika anak berumur 1 – 2 tahun, dan seorang anak dapat dikatakan positif sebagai penderita *cerebral palsy* ketika telah berumur 3 – 5 tahun. Anak-anak yang menderita *cerebral palsy* akan memiliki hambatan untuk menjalankan aktivitas seperti anak normal lainnya, sehingga dibutuhkan berbagai jenis terapi. Tujuan utama dari terapi-terapi yang dilakukan bagi anak-anak penderita *cerebral palsy* adalah mencapai level tertinggi kemandirian dari masing-masing anak.

Terapi fisik merupakan salah satu terapi yang paling bermanfaat dan dibutuhkan bagi anak penderita *cerebral palsy*, terutama ketika anak masih berusia antara 3 – 5 tahun. Berdasarkan wawancara dengan seorang ahli terapi, hal ini terjadi karena apabila anak hampir berusia 7 tahun dan ia belum mengalami peningkatan kemampuan motorik, maka akan sangat menyulitkan bagi dirinya untuk dapat meningkatkan kemampuan motoriknya. Terapi fisik berguna untuk meningkatkan kemampuan motorik kasar, fleksibilitas, kemampuan bergerak dan fungsi tubuh, serta melatih keseimbangan. Terapi ini juga bertujuan untuk memelihara kelenturan otot-otot anak sehingga dapat diposisikan secara anatomis dan mencegah terjadinya kecacatan yang lain, seperti sendi yang kaku dan posisi tubuh yang buruk (<http://www.cerebralpalsysource.com/>).

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam menjalankan terapi fisik, para terapis seringkali dibantu oleh alat-alat tertentu untuk mempermudah mereka dan anak penderita *cerebral palsy* dalam mencapai tujuannya. Hingga saat ini, alat terapi fisik yang ada jenisnya terbatas, dan setiap jenis biasanya hanya mampu digunakan untuk memenuhi sebagian kecil kebutuhan terapi para penderita *cerebral palsy*. Keterbatasan alat terapi yang ada saat ini menyebabkan anak-anak penderita *cerebral palsy* hanya dapat menjalani latihan terhadap satu bagian tubuhnya pada satu waktu.

Sementara itu, untuk memenuhi kebutuhan proses terapi selanjutnya, alat terapi fisik juga harus dapat mengakomodasi kebutuhan akan peningkatan kemampuan motorik dari beberapa bagian tubuh secara bersamaan. Rancangan alat terapi fisik harus pula disesuaikan dengan dimensi tubuh penggunaannya, dalam hal ini adalah anak-anak penderita *cerebral palsy* jenis *hemiplegia*, *diplegia*, dan *quadriplegia*, dengan rentang usia 3 – 5 tahun. Hal ini disebabkan anak-anak pada rentang usia tersebut sedang mengalami pertumbuhan dan perkembangan fisik, sehingga apabila aspek ergonomi tidak diperhatikan dalam perancangannya, tentu akan menimbulkan gangguan pada anak. Selain itu, mengingat bahwa anak-anak penderita *cerebral palsy* juga mengalami masalah keseimbangan dan kurangnya pengendalian terhadap mobilitas anggota tubuhnya, maka rancangan alat terapi fisik yang aman sangat dibutuhkan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perancangan alat terapi fisik bagi anak-anak penderita *cerebral palsy* yang memperhatikan aspek ergonomi (manfaat, keamanan, dan kenyamanan) yang disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan khusus mereka.

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka masalah-masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah kebutuhan-kebutuhan yang harus dapat diakomodasi oleh alat terapi fisik bagi anak-anak penderita *cerebral palsy* berdasarkan kriteria ergonomi?
2. Bagaimanakah usulan rancangan alat terapi fisik yang memenuhi kriteria ergonomi yang disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan khusus anak-anak penderita *cerebral palsy*?

3. Metode Penelitian

Data antropometri diperoleh melalui pengukuran secara langsung yang diambil dari anak-anak penderita *cerebral palsy* (usia 3 – 5 tahun) dengan jumlah sekitar 30 anak. Teknik



yang digunakan dalam pengambilan sampel ini adalah *nonprobability sampling*, khususnya teknik *judgement sampling*. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode-metode statistika maupun metode-metode lain yang berhubungan dengan perancangan suatu produk, seperti perhitungan dan pemilihan persentil untuk setiap data antropometri yang ada. Nilai persentil tersebut nantinya digunakan untuk menentukan dimensi pada rancangan alat terapi fisik sehingga sesuai dengan dimensi penggunanya.

Evaluasi dilakukan terhadap kondisi dari alat terapi fisik yang ada saat ini. Hasil dari evaluasi yang dilakukan dijadikan dasar untuk menentukan hal-hal apa saja yang harus dapat diakomodasi oleh alat terapi fisik bagi anak penderita *cerebral palsy*. Pada tahap ini dilakukan penentuan terhadap kebutuhan alat terapi fisik yang dapat digunakan secara aman, nyaman, serta bermanfaat bagi anak-anak penderita *cerebral palsy*.

Perancangan alat terapi fisik usulan dilakukan berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada tahap sebelumnya, dengan menitikberatkan pada kriteria ergonomi, yang meliputi aspek manfaat, keamanan, dan kenyamanan, yang disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan khusus anak-anak penderita *cerebral palsy* dalam menjalani terapi fisik yang berguna bagi tumbuh kembang mereka.

Analisis dan evaluasi terhadap rancangan alat terapi fisik usulan dilakukan dengan bantuan dan kerjasama dari lembaga terkait, untuk menentukan apakah hasil rancangan tersebut dapat digunakan dan memang bermanfaat bagi anak-anak penderita *cerebral palsy*, sehingga dapat ditarik kesimpulan guna menjawab tujuan dari penelitian ini.

4. Analisis Kondisi Awal

Alat terapi fisik dibutuhkan untuk membantu para terapis dalam menjalankan aktivitas terapi. Hingga saat ini, khususnya di Indonesia, alat terapi fisik yang ada jenisnya terbatas, dan setiap jenis biasanya hanya mampu digunakan untuk melatih kemampuan motorik salah satu bagian tubuh (tangan atau kaki). Berikut adalah beberapa jenis alat terapi fisik yang digunakan untuk membantu terapis dalam menjalankan terapinya terhadap anak penderita *cerebral palsy*:



Gambar 1. Alat Terapi Fisik yang Digunakan Saat Ini

Prosedur terapi yang ditujukan kepada penderita *cerebral palsy* berbeda antara satu dengan yang lainnya, dimana harus disesuaikan dengan karakteristik dan keterbatasan masing-masing penderita. Namun secara garis besar, tahapan dan aktivitas dari prosedur tersebut terdiri dari pelepasan otot awal (pemanasan), terapi fisik (sesi 1 dan 2 yang dipisahkan dengan istirahat), dan pelepasan otot akhir.

Terdapat beberapa kebutuhan yang harus dapat diakomodasi oleh terapi fisik, dan berdasarkan analisis yang telah dilakukan, prosedur terapi fisik yang ada saat ini telah mampu mengakomodasi seluruh kebutuhan tersebut. Namun lain halnya dengan alat terapi fisik yang ada saat ini, karena tidak semua kebutuhan anak penderita dapat diakomodasi. Pemenuhan kebutuhan terapi fisik oleh alat terapi fisik yang ada saat ini dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Pemenuhan Kebutuhan Terapi Fisik Bagi Anak Penderita CP yang Dapat Berdiri dan Berjalan

Kebutuhan Terapi Fisik Bagi Anak Penderita <i>Cerebral Palsy</i>	Alat Terapi Fisik Saat Ini	
	Terpenuhi atau Tidak	Alat Terapi yang Digunakan
Meningkatkan kelenturan dan kendali atas leher dan tubuh bagian belakang	v	<i>physio-ball</i>
Meningkatkan kelenturan dan kemampuan motorik otot tangan	v	<i>mini cycle</i> , bola-bola plastik
Meningkatkan kelenturan dan kemampuan motorik otot kaki	v	bola kaki, tangga balok, <i>walker</i> , <i>walkboard</i>
Meningkatkan kelenturan dan kemampuan motorik otot tangan dan kaki secara simultan	x	-
Meningkatkan kemampuan anak dalam melakukan pergerakan tubuhnya (berjalan) secara keseluruhan dan terkoordinasi	x	-
Meningkatkan keseimbangan tubuh	v	tangga balok, <i>walker</i> , <i>walkboard</i>
Membentuk posisi tubuh yang baik	x	-
Meningkatkan koordinasi antara anggota tubuh yang satu dengan yang lain	x	-
Meningkatkan ketahanan fisik	v	<i>mini cycle</i> , bola-bola plastik, bola kaki, tangga balok, <i>walker</i> , <i>walkboard</i>

Keterangan : v = terpenuhi ; x = tidak terpenuhi

Karakteristik dan tingkat keparahan penderita *cerebral palsy* bermacam-macam. Bagi anak penderita *cerebral palsy* yang tidak dapat berdiri maupun berjalan (hanya dapat memposisikan tubuhnya untuk duduk), pemenuhan kebutuhan terapi fisik (oleh alat terapi yang ada saat ini) akan berbeda. Alat terapi fisik yang ada saat ini hanya dapat mengakomodasi kebutuhan penderita dalam meningkatkan kelenturan dan kendali atas leher dan tubuh bagian belakang (menggunakan bantuan *physio-ball*), meningkatkan kelenturan dan kemampuan motorik otot tangan (menggunakan bantuan *mini cycle* dan bola-bola plastik), serta kebutuhan akan peningkatan ketahanan fisiknya (dengan bantuan *mini cycle* dan bola-bola plastik).

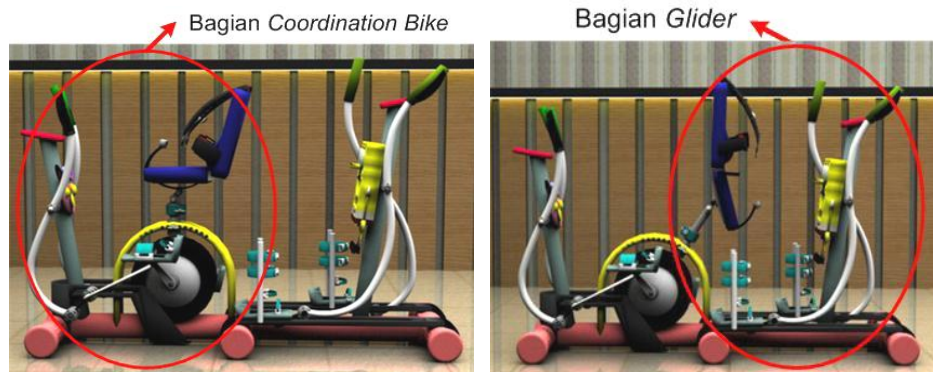
5. Perancangan Alat Terapi Fisik Usulan dan Analisis

Alat terapi fisik usulan ditujukan untuk mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan yang belum terpenuhi oleh alat terapi fisik saat ini, yang tentunya memperhatikan pula aspek keamanan dan kenyamanan. Alat terapi usulan ini merupakan suatu kesatuan yang secara garis besar terbagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama, yaitu *coordination bike*, digunakan oleh anak dalam posisi duduk ketika menjalankan proses terapi. Sedangkan bagian kedua, yaitu *glider*, digunakan oleh anak dalam posisi berdiri. Hal ini ditujukan agar alat dapat digunakan oleh semua penderita *cerebral palsy* usia 3 - 5 tahun, baik yang mampu untuk berdiri secara mandiri, maupun yang tidak dapat berdiri sama sekali (tetapi dapat memposisikan dirinya untuk duduk). Rancangan alat terapi fisik usulan dapat dilihat pada Gambar 2.

Bagian *Coordination Bike*

Coordination bike ini memiliki prinsip menyerupai sepeda, tetapi mengikutsertakan koordinasi antara kaki dengan tangan. Sepeda biasa hanya melatih kemampuan fisik otot kaki dan tidak melatih kemampuan fisik otot tangan, serta tidak dapat melatih otot kaki dan otot tangan secara simultan. *Coordination bike* akan melatih otot tangan dan kaki secara bersamaan dan terkoordinasi. Ketika pedal dikayuh, maka *handle bar* yang terhubung





Gambar 2. Rancangan Alat Terapi Fisik Usulan

dengan pedal akan bergerak mendekati dan menjauhi tubuh peserta terapi fisik. Hal ini akan secara otomatis menggerakkan tangan anak penderita *cerebral palsy* ke depan dan ke belakang.

1. Dudukan *Coordination Bike*

Dudukan ini dilengkapi dengan sandaran punggung (yang dilengkapi dengan penyangga *lumbar*) dan tali pengaman (jenis *5-point harness*) untuk menjaga agar anak tetap berada pada posisi tubuh yang benar pada saat menggunakan *coordination bike* (Gambar 3). Ketinggian dudukan dari lantai dapat diatur dengan menggunakan bantuan baut *clamp* sebagai sistem penguncinya. Dimensi alas duduk adalah: panjang 24 cm, lebar bagian belakang 26 cm (menggunakan data lebar pinggul), dan lebar bagian depan 8 cm. Dimensi sandaran punggung adalah: tinggi 28.5 cm (menggunakan data tinggi punggung duduk), lebar 26 cm, tinggi penyangga *lumbar* 9 cm, dan sudut antara alas duduk dan sandaran punggung dapat diatur kemiringannya ($0^\circ - 180^\circ$). Jarak tali pengaman pinggang dengan alas duduk adalah 16.3 cm, dimana panjang seluruh tali pengaman bersifat *adjustable*.

2. Pedal *Coordination Bike*

Dimensi pedal adalah 19 cm untuk panjang dan 9.5 cm untuk lebarnya. Pedal ini dilengkapi dengan dua buah tali pengaman yang berfungsi untuk menjaga kaki agar tidak terlepas dari pedal dan tetap berada pada posisi yang benar. Rancangan pedal *coordination bike* dapat dilihat pada Gambar 4. Besar nilai a adalah 5 cm, nilai b adalah 12.5 cm, dan t_1 adalah 8 cm.

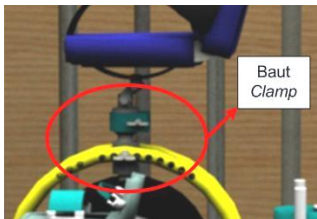
3. *Handle Bar Coordination Bike*

Area genggam *handle bar* berbentuk silinder dengan panjang 15 cm, dan memiliki diameter yang sama sepanjang area genggam (2.7 cm). *Handle bar* ini dilengkapi dengan tali pengaman yang berfungsi untuk menjaga tangan anak agar tidak terlepas dari *handle bar* ketika anak menjalankan terapi fisiknya (Gambar 5). Tali pengaman ini bersifat elastis dan lembut, dengan panjang sebesar 15 cm dan lebar sebesar 4 cm. Ketinggian *handle bar* dari lantai adalah 77 cm, dengan jarak antar *handle bar* sebesar 26 cm (menggunakan data lebar bahu). Jarak maksimum dan minimum *handle bar* terhadap dudukan adalah 40 cm dan 22 cm. Jarak ini akan mempengaruhi panjang lintasan pergerakan *handle bar*, dimana disesuaikan dengan kemampuan anak untuk menjangkau *handle bar* tersebut.

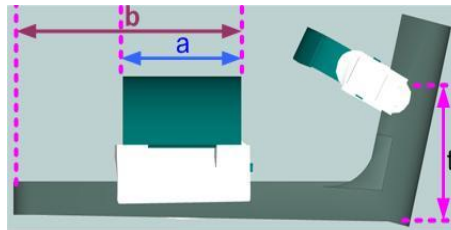
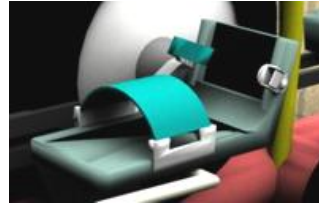
Bagian *Glider*

Glider merupakan suatu alat bantu terapi yang melatih koordinasi antara pergerakan tangan dengan kaki. Anak penderita *cerebral palsy* dapat menggerakkan kaki mereka satu demi satu pada pedal kaki yang memiliki mekanisme berjalan di atas rel, dimana gerakan

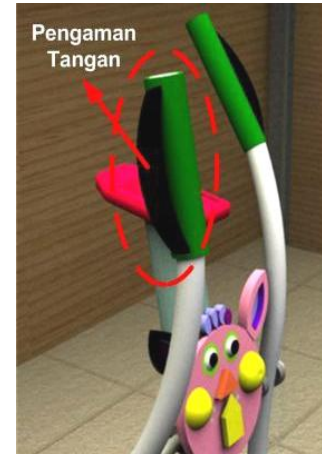
kaki ini secara otomatis akan menggerakkan *handle bar* ke depan dan ke belakang. Prinsip *glider* ini sama seperti prinsip orang berjalan pada umumnya.



Gambar 3. Dudukan *Coordination Bike*



Gambar 4. Pedal *Coordination Bike*



Gambar 5. *Handle Bar Coordination Bike*

1. Sandaran Tubuh *Glider*

Sandaran tubuh pada *glider* merupakan modifikasi fungsi dan posisi dari dudukan pada *coordination bike*. Sandaran tubuh ini, dengan bantuan tali pengaman yang terdapat pada sandaran punggung, berfungsi untuk menjaga dan menyangga tubuh anak agar dapat berdiri dengan tegak dan seimbang. Kemiringan tiang penyangga dudukan, ketinggian tiang penyangga dudukan, sudut yang terbentuk antara alas duduk dengan sandaran punggung, serta posisi alas duduk terhadap tiang penyangga dudukan dapat diatur untuk disesuaikan dengan posisi tubuh anak yang akan disangga (dapat dilihat pada Gambar 6). Ketinggian tiang penyangga dudukan diatur dengan bantuan baut *clamp*. Sedangkan mekanisme pengatur kemiringan tiang penyangga dudukan menggunakan baut ulir sebagai sistem penahan posisinya (Gambar 7).

2. Pedal *Glider*

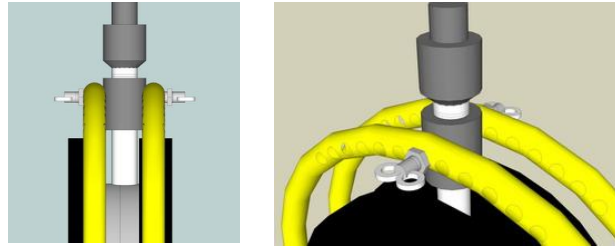
Pedal kaki pada *glider* dilengkapi dengan penyangga kaki yang fungsinya menyerupai *orthoses*, yang berguna untuk menopang dan membantu menstabilkan tungkai kaki anak yang lunglai (Gambar 8). Penyangga kaki ini berupa tiang penyangga yang terletak di samping kiri dan kanan pedal kaki, dan dapat bergerak mengikuti gerakan pedal dan tungkai kaki anak ketika ia menggunakan *glider*. Tiang penyangga kaki bersifat tidak terlalu lentur atau elastis, tetapi juga tidak terlalu kaku, sehingga dapat diposisikan sesuai dengan tungkai kaki anak tanpa mencederai kaki anak. Ketinggian tiang penyangga kaki ditentukan dengan menggunakan data antropometri tinggi popliteal (P5), sebesar 23 cm. Tiang penyangga kaki ini dilengkapi pula dengan tali pengaman (bersifat *adjustable*) yang berfungsi sebagai penghubung dan pengikat antara tiang penyangga dengan tungkai kaki anak.

3. *Handle Bar Glider*

Handle bar glider pada dasarnya sama dengan *handle bar coordination bike*. Hal yang membedakan adalah ketinggian *handle bar* tersebut, dimana ketinggian *handle bar glider* dari dasar pedal kaki dihitung dengan menggunakan tinggi sandaran punggung posisi berdiri, yaitu 78 cm.



Gambar 6. Sandaran Tubuh Glider



Gambar 7. Mekanisme Pengatur Kemiringan Tiang Penyangga Dudukan



Gambar 8. Pedal Kaki Glider

Validasi Perancangan Alat Terapi Fisik Usulan

Validasi dilakukan dengan bantuan dokter dan ahli terapi dari pusat terapi *Our Dream*, Bandung, dengan berdasarkan kriteria ergonomi yang diangkat, yaitu aspek manfaat, aspek keamanan, dan aspek kenyamanan. Aspek manfaat yang dapat dipenuhi dari

rancangan alat terapi fisik usulan terkait dengan pemenuhan kebutuhan terapi fisik, dimana hampir seluruh kebutuhan dapat diakomodasi oleh rancangan alat terapi fisik usulan ini. Hanya satu kebutuhan yang tidak dapat diakomodasi, yaitu kebutuhan untuk meningkatkan kelenturan dan kendali pada leher dan tulang belakang. Namun hal ini tidak menjadi masalah, karena kebutuhan tersebut telah dapat dipenuhi oleh alat terapi yang ada saat ini, yaitu *physio-ball*. Validasi rancangan alat terapi fisik usulan berdasarkan aspek keamanan dapat dilihat dari tersedianya atribut-atribut pengaman pada *coordination bike* dan *glider* serta bentuk alat terapi usulan yang tidak memiliki sudut tajam, sehingga tidak berpotensi mencederai anak. Aspek kenyamanan telah terpenuhi dengan digunakannya data antropometri yang sesuai serta diperhatikannya postur tubuh yang baik dan benar dalam menentukan dimensi rancangan alat terapi fisik usulan.

6. Kesimpulan

Hasil perancangan alat terapi fisik usulan yang telah memperhatikan kriteria ergonomi dan sesuai dengan karakteristik serta kebutuhan khusus anak-anak penderita *cerebral palsy* adalah :

- Rancangan alat terapi fisik usulan telah mampu mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan yang belum dapat dipenuhi dari alat terapi fisik yang ada sekarang.
- Rancangan alat terapi fisik usulan telah memperhatikan aspek keamanan bagi penderita *cerebral palsy* sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan khusus penderita. Hal ini terlihat dari tersedianya atribut-atribut pengaman dalam perancangan, seperti pengaman tubuh (saat duduk maupun berdiri), pengaman kaki, dan pengaman tangan.

- c. Penentuan dimensi rancangan alat terapi fisik usulan telah disesuaikan dengan dimensi tubuh anak penderita *cerebral palsy* usia 3 - 5 tahun, serta memperhatikan postur tubuh anak dalam menggunakan alat terapi. Salah satu contohnya adalah memperhatikan biomekanika tulang belakang pada saat duduk, yaitu dengan menambahkan sandaran punggung dan sandaran *lumbar* pada dudukan *coordination bike*.

Daftar Pustaka

- Bleck, E.E. 1987, *Orthopaedic Management in Cerebral Palsy*, Mac Keith Press, Oxford Blackwell Scientific Publications Ltd, Philadelphia.
- Bridger, R.S. 1995, *Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill Inc, Singapore.
- Cerebral Palsy League of Queensland. 2002, *What is Cerebral Palsy?* [Online], Available: <http://www.cplqld.org.au/general/whatiscp> [21 Januari 2007].
- Chaffin, D.B. & Anderson, G.B.J. 1991, *Occupational Biomechanics*, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York.
- Ferris, D.P.; Huang, H.J.; Kao, P.C. 2006, *Moving The Arms To Activate The Legs*, American College of Sports Medicine, Michigan.
- Haliman, G. 2007, *Usulan Perancangan Sepeda Roda Empat Yang Ergonomis Untuk Anak-Anak Penderita Cerebral Palsy*, Skripsi Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Liz. 2006, *Cerebral Palsy Problems, Therapy, Equipment*, [Online], Available: <http://www.troopertaylor.com/> [23 Januari 2007].
- Mandal, A.C. 1975, *Work-Chair With Fitting Seat*. London, Lancet.
- McCormick, E.J. & Sanders, M.S. 1992, *Human Factors in Engineering and Design*, 7th ed., McGraw-Hill Inc, Singapore.
- Nakita. 2002, *Memahami dan Menangani Anak dengan Kebutuhan Khusus (Cerebral Palsy)*, PT Sarana Kinasih Satya Sejati, Jakarta.
- Nurmianto, E. 1996, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, edisi pertama, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Panero, J. & Zelnik, M. 1979, *Human Dimension and Interior Space*, Watson-Guptill Publications, New York.
- Pheasant, S. 1994, *Ergonomics, Work, and Health*, The Macmillan Press LTD, London.
- Pulat, M.B. 1992, *Fundamental of Industrial Ergonomics*. Waveland Press, Inc. Illinois, United States of America.
- Roebuck, J.A. 1993, *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body*, Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica.
- Sekaran, U. 2000, *Research Methods for Business*, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York.
- Sutalaksana, I.Z.; Anggawisastro, R.; Tjakraatmadja, J.H. 1979, *Teknik Tata Cara Kerja*, ITB, Bandung.
- _____. 2003, *Tutorial for Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.healthsystem.virginia.edu/> [23 Januari 2007].
- _____. 2004, *Disability Info Cerebral Palsy Fact Sheet*, [Online], Available: <http://www.nichcy.org/> [23 Januari 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://en.wikipedia.org/> [21 Januari 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.cerebralpalsysource.com/> [21 Januari 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.kidshealth.org/> [23 Januari 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.cerebralpalsy.org/> [17 Mei 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.commtx.com/> [17 Mei 2007].
- _____. 2006, *Cerebral Palsy*, [Online], Available: <http://www.cerebralpalsyfacts.com/> [24 Mei 2007].

