

Pengujian Prototipe Multipurpose Wheelchair

Mulyadi 1*

¹Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

ABSTRAK

Dalam pembuatan sebuah produk dapat dikatakan memenuhi fungsi dan berguna apabila sudah dicoba dan dilakukan pengujian. Pengujian dapat berarti proses untuk mengecek apakah suatu perangkat atau *prototype* yang dihasilkan sudah dapat dijalankan sesuai dengan standar tertentu. Standar yang dijadikan acuan dapat berupa menurut instansi tertentu ataupun disesuaikan dengan keperluan *customer/user*. Dalam penelitian ini alat atau *prototype* yang uji adalah sebuah kursi roda multipurpose hasil rancang bangun ardhi dan mulyadi tahun 2014. Pengujian yang dilakukan adalah uji fungsi komponen, *performance* dan uji posisi tubuh pengguna kursi roda *multipurpose* secara manual menggunakan tabel RULA dibantu dengan software NexGen Ergonomics. Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan sebuah metode untuk menilai postur, gaya, dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas (upper limb). Metode ini menggunakan diagram postur tubuh dan tabel penilaian untuk memberikan evaluasi terhadap faktor resiko yang akan dialami oleh pengguna. Faktor-faktor resiko yang diselidiki dalam metode ini adalah yang telah dideskripsikan oleh McPhee' sebagai faktor beban eksternal (external load factors) yang meliputi: jumlah gerakan, kerja otot statis, gaya, postur kerja yang ditentukan oleh perlengkapan dan peralatan, dan waktu kerja tanpa istirahat. Sedangkan bagian –bagian tubuh yang dievaluasi meliputi Grup A dan B, yaitu bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Grup B, meliputi: leher, punggung, dan kaki. Responden yang akan diuji dipilih dengan berat badan 50kg. Uji fungsi komponen kursi roda multipurpose dilakukan dengan cara memvalidasi, jika komponen tersebut berfungsi dengan baik maka pada kolom fungsi dipilih “ya” dan sebaliknya jika komponen tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik maka pada kolom fungsi dipilih “tidak” diberi tanda (dicentang). Uji *performance* meliputi kemampuan kestabilan dudukan di jalan menanjak dan menurun, kemampuan mengangkat, kemampuan lipat dan kemampuan sandaran direbahkan. Dari hasil pengujian menghasilkan uji fungsi komponen baik untuk semua komponen, performansi kursi roda diantaranya kursi roda bisa dilipat dengan melepas tempat duduk dan sandaran, bisa direbahkan sampai 165°, tempat duduk bisa stabil pada saat bergerak menanjak dan menurun dengan sudut menanjak dan menurun 15°, kemudian bisa menjadi meja periksa dengan ketinggian 58cm dari 75cm standar minimum ketinggian meja periksa yang ditargetkan dan tingkat resiko cedera pengguna kursi roda multipurpose mendapat nilai point 2 yang artinya kursi roda dikategorikan dalam batas aman dan ergonomis.

Kata kunci: Pengujian, Multiguna, Kursi roda, Kemampuan, Rula

ABSTRACT

In the manufacture of a product can be said to fulfill the functions and useful when they are tried and tested. Testing can mean a process to check whether a device or prototype produced can already be carried out in accordance with certain standards. Standards can be referenced by a particular agency or adapted to the needs of the customer or user. In this study we tested the tool or prototype wheelchair is a multipurpose design results ardhi and mulyadi 2014. This experiment is testing the function of components, performance and test body position wheelchair users multipurpose manually using tables RULA assisted with software NexGen Ergonomics. Rapid upper limb Assessment (RULA) is a method for assessing posture, style, and a movement of work activities related to the use of upper limb. This method uses diagrams and tables posture assessment to provide an evaluation of the risk factors that will be experienced by the user. The risk factors investigated in this method is that has been described by McPhee 'as a factor external load which include: the amount of movement, muscle work static, style, work postures determined by the equipment and tools, and working time without break. While parts of the body -the evaluated include the Group A and B, namely the arm and forearm, and wrist. Group B, includes: neck, back, and legs. Respondents selected to be tested with a weight of 50kg. Test the function of components of wheelchair multipurpose done by validating, if the component is functioning properly then the column functions selected "yes" and vice versa if the component can not function properly then the column functions selected "no" is marked or checked. Test performance capabilities include the stability of the base road uphill and downhill, lift capabilities, capabilities and capabilities folding backrest recline. From the test results generate test components function well for all components, the performance of wheelchair including wheelchair can be folded by removing the seat and backrest, can recline to 165°, the seating can be unstable when moving uphill and downhill at an angle of uphill and downhill 15°, then could be the examination table with a height of 58cm from the

*Corresponding author.

E-mail address: mymulyadi640@gmail.com

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

standard 75cm minimum height of the examination table is targeted and the level of risk of injury to wheelchair users multipurpose scored 2 points which means wheelchair categorized within safe limits and ergonomic.

Keywords: Testing, Multipurpose, Wheelchair, Capabilities, Rula



Mulyadi, menerima gelar master teknik pada tahun 2014 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya di bawah pengawasan Prof. Dr.-Ing. I Made Londen Batan, M.Eng. Saya bekerja sebagai seorang tenaga pengajar di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, kemudian dipercaya menjadi Kepala Laboratorium Teknik Mesin mulai tahun 2011 sampai saat ini, dan pada tahun

2015 saya aktif membimbing mahasiswa dalam mengerjakan tugas akhir khususnya dalam bidang manufaktur. Pada tahun 2016 mendapatkan dana penelitian dan abdimas dari dikti.

PENDAHULUAN

Dalam pembuatan sebuah produk dapat dikatakan memenuhi fungsi dan berguna apabila sudah dicoba dan dilakukan pengujian [1]. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada sebuah prototype kursi roda multipurpose desain dari ardhil dan mulyadi tahun 2014 [2], model desain seperti pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Model desain multipurpose wheelchair

Multipurpose wheelchair dapat diartikan kursi roda yang bisa digunakan untuk berbagai aktifitas bagi kaum difabel antara lain digunakan sebagai meja periksa, dijadikan ranjang pasien, bisa sebagai kursi

roda yang bisa stabil pada saat di jalan menanjak dan menurun [2].

Pengujian dapat berarti proses untuk mengecek apakah suatu perangkat atau prototype yang dihasilkan sudah dapat dijalankan sesuai dengan standar tertentu. Standar yang dijadikan acuan dapat berupa menurut instansi tertentu ataupun disesuaikan dengan keperluan customer/user [8,9].

Ada dua hal yang utama dilakukan pada saat pengujian diantaranya: Verifikasi adalah proses mengevaluasi suatu system / component untuk menentukan apakah suatu produk yang diselesaikan setelah fase pengembangan memenuhi kondisi seperti yang telah ditetapkan pada awal pengembangan (saat menentukan spesifikasi) prototype. Kemudian Validasi adalah proses mengevaluasi suatu system/komponen pada akhir atau selama masa pengembangan untuk menentukan apakah produk yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan-kebutuhan dan persyaratan tertentu yang diminta oleh user [8,9].

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah sebuah metode untuk menilai postur, gaya, dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas (*upper limb*). Metode ini dikembangkan untuk menyelidiki resiko kelainan yang akan dialami oleh seorang pekerja dalam melakukan aktivitas kerja yang memanfaatkan anggota tubuh bagian atas (*upper limb*) [5,6,7].

Prototype kursi roda multipurpose hasil rancang bangun seperti pada gambar 2 berikut, yang dirancang mampu mendukung beban 50kg. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performance dari kursi roda multipurpose dan untuk mengevaluasi tingkat / nilai resiko cedera pengguna secara manual menggunakan tabel RULA dibantu dengan software *NexGen Ergonomics*.



Gambar 2. Prototipe Multipurpose wheelchair

METODE PENELITIAN

Design multipurpose wheelchair

Desain kursi roda *multipurpose* dirancang untuk memenuhi, selain sebagai kursi roda (alat transportasi pasien), juga dimanfaatkan sebagai meja periksa, ranjang pasien, dan tempat duduknya dirancang selalu dalam posisi horizontal baik pada saat bergerak diatas bidang datar, bergerak menanjak, maupun bergerak menurun.

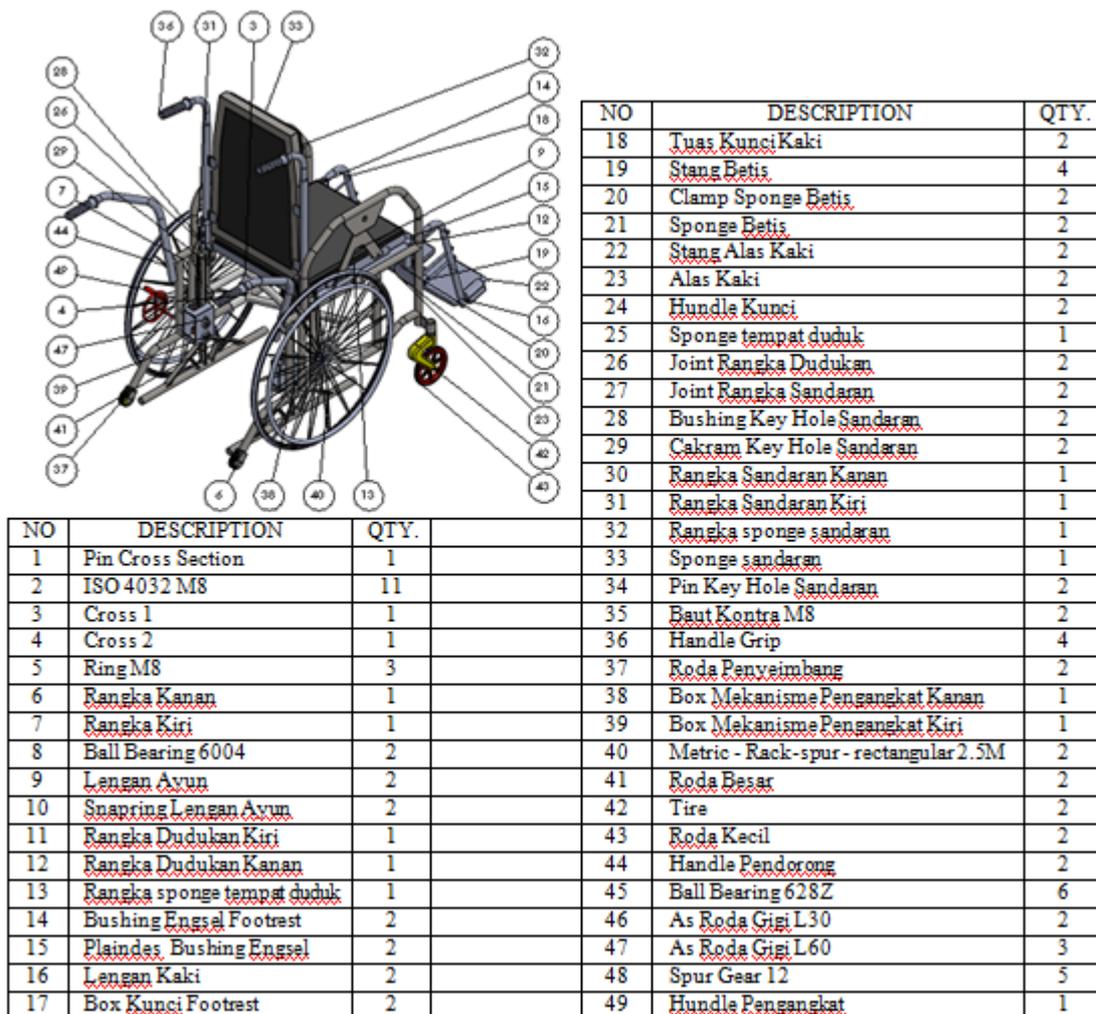
Detail rancangan kursi roda *multipurpose* tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

Testing method

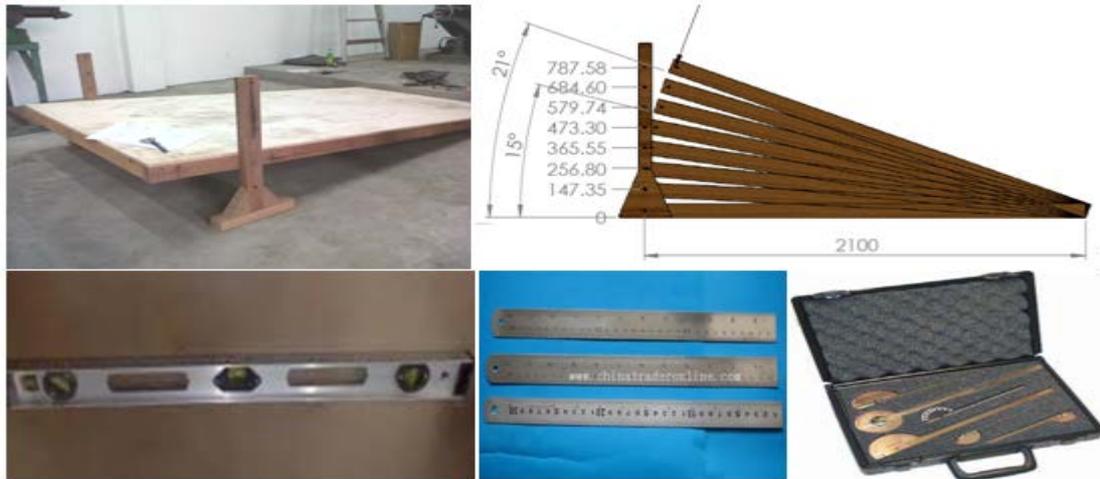
Untuk mengetahui apakah kursi roda *multipurpose* memenuhi fungsinya, maka dilakukan uji prototipe. Sebagai langkah awal, dilakukan uji fungsi komponen-komponen kursi roda. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah rancangan telah memenuhi fungsi mekanisme sesuai dengan yang direncanakan. Uji fungsi yang dimaksud adalah: fungsi mekanisme sandaran, *footrest*, gerak angkat dari rack, dan fungsi komponen yang lain. Setelah uji tersebut dilakukan,

maka langkah selanjutnya adalah uji gerak prototipe, yakni uji gerak di atas jalan bidang datar, uji gerak diatas bidang menanjak dan menurun. Untuk alat ukur yang digunakan dalam pengujian disajikan pada gambar 4 berikut.

Kemudian untuk pengukuran cedera tubuh menggunakan diagram postur tubuh dan tabel penilaian RULA untuk memberikan evaluasi terhadap faktor resiko yang akan dialami oleh pengguna. Faktor-faktor resiko yang diselidiki dalam metode ini adalah yang telah dideskripsikan oleh McPhee' sebagai faktor beban eksternal (external load factors) yang meliputi: jumlah gerakan, kerja otot statis, gaya, postur kerja tubuh yang ditentukan oleh perlengkapan dan peralatan, dan waktu kerja tanpa istirahat [10], dan dibantu dengan software *NexGen Ergonomics*. Sedangkan bagian –bagian tubuh yang dievaluasi meliputi Grup A dan B, yaitu bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Grup B, meliputi: leher, punggung, dan kaki. Nilai konversi penilaian Rula pada gambar 5 [3,4], sedangkan responden yang akan diuji dipilih dengan berat badan 50kg.



Gambar 3. Bagian-bagian komponen *Prototipe Multipurpose wheelchair*



Gambar 4. Macam-macam alat bantu ukur uji performansi

RULA Employee Assessment Worksheet based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. McRimney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture				
		1	2	3	4	
1	1	1	2	2	3	3
1	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	3	4
2	3	3	4	4	4	5
3	1	3	3	4	4	5
3	2	3	4	4	4	5
3	3	4	4	4	4	5
4	1	4	4	4	4	5
4	2	4	4	4	4	5
4	3	4	4	4	5	6
5	1	5	5	5	5	6
5	2	5	6	6	6	7
5	3	6	6	6	7	7
6	1	7	7	7	7	8
6	2	8	8	8	8	9
6	3	9	9	9	9	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture	Trunk Posture					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	2	3	3	4
2	2	3	3	4	4	5
3	3	3	4	4	5	6
4	4	5	5	6	6	7
5	5	6	6	7	7	8
6	6	7	7	8	8	9

Table C: Neck, trunk and leg score

Wrist and Arm Score	Neck, trunk and leg score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

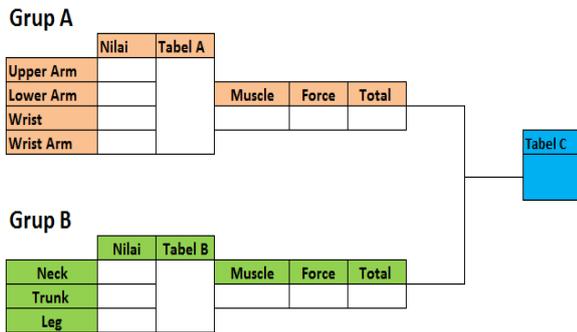
Step 14: Add Force/Load Score
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: _____/_____/_____
 provided by Practical Ergonomics
 This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA. © 2004/Reze Consulting, Inc rbaiker@ergosmart.com (816) 444-1667

Gambar 5. Nilai konversi pengukuran rula

Perhitungan penilaian RULA mengikuti alur pada gambar 6 berikut sesuai dengan pengelompokan Grup A dan B [3,4].



Gambar 6. Pengelompokan penilaian grup A dan B

HASIL PEMBAHASAN

A. Uji Fungsi Komponen Kursi Roda Multipurpose

Tabel 1. Uji fungsi mekanisme

No	Komponen	Berfungsi		Keterangan	No	Komponen	Berfungsi		Keterangan
		Ya	Tidak				Ya	Tidak	
1	 Mekanisme pengangkat bodi bagian kanan	v			1	 Mekanisme lengan ayun bagian kanan	v		Secara fungsi mekanisme berfungsi dengan baik, tetapi pada saat dirakit dengan tempat duduk tidak center, lengan bending pengaruh las (perlu perbaikan)
2	 Mekanisme pengangkat bodi bagian kiri	v			2	 Mekanisme lengan ayun bagian kiri	v		
1	 Mekanisme sandaran bagian kanan	v		Secara fungsi mekanisme berfungsi dengan baik, tetapi pada saat disandarkan 15° pin tidak dapat mengunci hal ini disebabkan karena lubang cakram terlalu longgar (perlu perbaikan)	1	 Mekanisme footrest bagian kanan	v		
2	 Mekanisme sandaran bagian kiri	v			2	 Mekanisme footrest bagian kiri	v		Secara fungsi mekanisme berfungsi dengan baik, tetapi pada saat dinaikkan keposisi 90° hanya mencapai 75°, spring tidak berfungsi mengunci hal ini disebabkan karena tuas lengan terlalu kecil (perlu perbaikan)

Uji fungsi komponen kursi roda *multipurpose* dilakukan dengan cara memvalidasi, jika komponen tersebut berfungsi dengan baik maka pada kolom fungsi dipilih “ya” dan sebaliknya jika komponen tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik maka pada kolom fungsi dipilih “tidak” diberi tanda (dicentang). Jika dalam uji fungsi ini ditemukan beberapa kesalahan (kekurangannya diusulkan dilakukan perbaikan, hasil uji fungsi komponen ditunjukkan dalam table1 berikut.

B. Pengujian Performansi Prototipe Kursi Roda Multipurpose

Dari pengujian ini dapat diketahui kemampuan kursi roda yang dirancang. Artinya dari uji performansi ini dapat diketahui apakah hasil rancangan sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Jika tidak sesuai atau ada kesalahan maka disusun saran dan perbaikan, hasil pengujian performansi ditunjukkan dalam table 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian performansi

Kursi roda multipurpose	Keterangan	
	<p><u>Ketercapaian:</u> Kursi roda dapat dilipat dari lebar 530mm menjadi 300mm sehingga mudah untuk dipindahkan, dengan syarat tempat duduk dan sandaran dilepas.</p>	<p><u>Saran perbaikan:</u> Kursi roda masih dapat dikembangkan lagi menjadi lebih sempit pada saat dilipat dengan pengaturan penempatan mekanisme pengangkat bodi, tempat duduk dan sandaran dibuatkan engsel.</p>
	<p><u>Ketercapaian:</u> Kursi roda bisa direbahkan dari posisi 90° sampai 165° sudah memenuhi fungsi dengan baik.</p>	<p><u>Saran perbaikan:</u> Spring tarik masih bisa disesuaikan dengan yang lebih kuat sehingga pengunci cakram lebih baik lagi. Lubang gigi cakram dialur lebih dalam lagi minimal 1.5 x diameter key hole sandaran. Cakram dibuat setengah agar menambah kebebasan untuk gerakan ayun tempat duduk sehingga bisa lebih dari 15° jangkauan ayunannya dengan penambahan stopper untuk gerakan ayun kursi roda saat menanjak dan gerakan kursi roda saat menurun supaya tidak sampai terjungkal.</p>
	<p><u>Ketercapaian:</u> Kursi roda dapat diangkat dengan mekanisme pengangkat bodi setinggi 58cm dari 75cm standar minimum ketinggian meja periksa yang ditargetkan. Pada saat posisi naik, bodi kursi roda cenderung miring kedepan, ini disebabkan tumpuan kursi roda hanya dua kaki jadi kurang setimbang. Putaran gigi kanan dan kiri tidak bisa serempak sehingga tinggi sebelah.</p>	<p><u>Saran perbaikan:</u> Kursi roda dapat ditingkatkan lagi kemampuannya dengan penambahan dua kaki pengangkat diletakkan didepan diantara roda depan dan roda besar. Handle pemutar lebih baik diletakkan dicenter kursi roda dengan penambahan bevel gear supaya pada saat diputar gigi kanan dan kiri berputar bersamaan. Komponen rack dan roda gigi dibuat dari steel porous dan roda gigi di kunci dengan pasak sehingga lebih rigid.</p>

A. Stabilitas Tempat Duduk Saat Bergerak Menanjak Dan Menurun

Stabilitas atau posisi tempat duduk horizontal, Dalam usaha mengevaluasi apakah kursi roda memenuhi tujuan yaitu: Tempat duduknya selalu dalam posisi horizontal baik pada saat bergerak diatas bidang datar,

menanjak maupun bergerak menurun. Pengujian ini dilakukan pada pemakai kursi roda, sebagai responden sebanyak 3 orang dengan berat beragam mulai dari 50 ÷ 70kg. Pada gambar 7 menunjukkan pengujian kursi roda dengan dengan responden memiliki berat badan 50kg, sudut jalan bidang menanjak 3°.



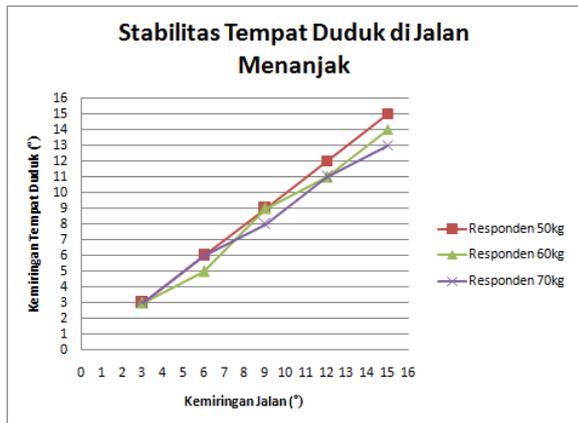
Gambar 7. Pengujian kursi roda jalan bidang menanjak

Variasi pengambilan data pengukuran untuk jalan yang menanjak disajikan dalam table 3 berikut.

Tabel 3. Hasil pengukuran kemiringan tempat duduk pada jalan menanjak

No	Responden	50kg	60kg	70kg
	Sudut jalan menanjak	Kemiringan tempat duduk		
1	3°	3°	3°	3°
2	6°	6°	5°	6°
3	9°	9°	9°	8°
4	12°	12°	11°	11°
5	15°	15°	14°	13°
6	18°			
7	21°			

Dari data hasil pengujian dengan responden 3 orang masing-masing memiliki berat badan 50, 60, dan 70kg, setelah itu diujikan tujuannya adalah mencari hubungan kesetabilan tempat duduk pada saat di jalan bidang menanjak hasilnya seperti pada table 3, jika dibandingkan ketiga responden tersebut dengan dibuat grafik hubungan maka, hasilnya seperti pada gambar grafik 8.



Gambar 8. Grafik Stabilitas Tempat Duduk di Jalan Menanjak

Pada grafik diatas diketahui bahwa responden yang memiliki berat badan 50kg lebih stabil dibandingkan dengan responden yang lain, ini dibuktikan dengan sudut bidang menanjak yang disetting dengan sudut tempat duduk terhadap rangka yang terjadi tidak ada perbedaan yang signifikan. Cara yang sama juga dilakukan pada bidang jalan yang menurun, gambar 9 menunjukkan pengujian kursi roda dengan dengan responden memiliki berat badan 60kg, sudut jalan bidang menurun 3°.

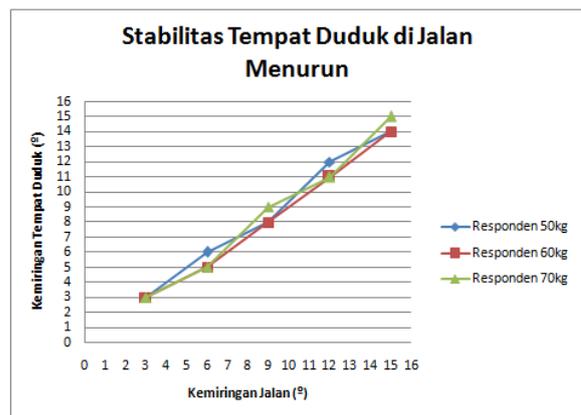


Gambar 9. Pengujian kursi roda jalan bidang menurun

Variasi pengambilan data pengukuran untuk jalan yang menurun disajikan dalam table 4 berikut. Dari data hasil pengujian dengan responden 3 orang masing-masing memiliki berat badan 50, 60, dan 70kg, setelah itu diujikan tujuannya adalah mencari hubungan kesetabilan tempat duduk pada saat di jalan bidang menurun hasilnya seperti pada table 4 diatas, jika dibandingkan ketiga responden tersebut dengan dibuat grafik hubungan maka, hasilnya seperti pada gambar grafik 10.

Tabel 4. Hasil pengukuran kemiringan tempat duduk pada jalan menurun

No	Responden	50kg	60kg	70kg
	Sudut jalan menurun	Kemiringan tempat duduk		
1	3°	3°	3°	3°
2	6°	6°	5°	5°
3	9°	8°	8°	9°
4	12°	12°	11°	11°
5	15°	14°	14°	15°
6	18°			
7	21°			



Gambar 10. Grafik Stabilitas Tempat Duduk di Jalan Menurun

Pada grafik diatas diketahui bahwa responden yang memiliki berat badan 70kg lebih stabil dibandingkan dengan responden yang lain, ini dibuktikan dengan sudut bidang menurun yang disetting dengan sudut

tempat duduk terhadap rangka yang terjadi tidak ada perbedaan yang signifikan.

B. Analisa Posisi Tubuh Pengguna Kursi Roda Multipurpose

Untuk mengevaluasi tingkat / nilai resiko cedera pengguna secara manual menggunakan tabel RULA dibantu dengan software *NexGen Ergonomics* . Sedangkan bagian – bagian tubuh yang dievaluasi meliputi Grup A dan B, yaitu bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Grup B, meliputi: leher, punggung, dan kaki. Responden yang akan diuji dipilih dengan berat badan 50kg.

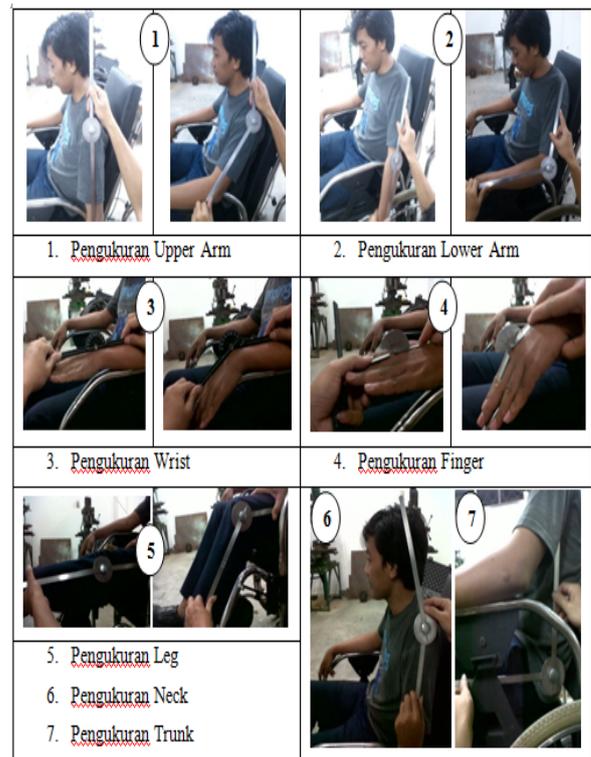
Langkah – langkah pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan segala peralatan. Setting model jalan tanjakan dari 3°, 6°, 9°, 12°, dan 15° sesuai dengan urutan percobaan.
2. Posisi tubuh bagian group A pengguna kursi roda mulai diukur, dimulai dari lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan .
3. Pengukuran dilanjutkan dengan bagian tubuh grup B, yakni leher, punggung, dan kaki.
4. Data hasil pengukuran dicatat.
5. Mengulangi langkah 3 sampai dengan langkah 5 untuk 5 posisi tanjakan yang diujikan.
6. Pengukuran selesai.
7. Dengan cara yang sama dilakukan pada posisi jalan menurun.

Posisi pengukuran yang dilakukan adalah seperti pada gambar 11, dimana pada pengukuran bagian tubuh ini yang divariasikan adalah sudut bidang menanjak dan menurun. Hasil pengukuran goneometer pada table 5 & table 6. Kemudian dilakukan pengukuran terhadap setiap bagian anggota tubuh dengan alat ukur goneometri seperti pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 11. Posisi pengukuran rula



Gambar 12. Pengukuran bagian anggota tubuh dengan goneometri

Tabel 5. Hasil pengukuran rula pada sudut bidang jalan menanjak

No	Sudut Menanjak	0°	3°	6°	9°	12°	15°
	Bagian Tubuh (°)						
1	Upper Arm	19	20	19	7	9	8
2	Lower Arm	70	82	83	96	93	91
3	Wrist	30	35	40	35	30	45
4	Wrist Twist						
5	Muscle						
6	Force						
7	Neck	20	14	15	12	10	4
8	Trunk	10	19	18	12	5	0
9	leg	130	116	125	122	128	131
10	Finger	165	160	175	170	175	180

Tabel 6. Hasil pengukuran rula pada sudut bidang jalan menurun

No	Sudut Memurun	0°	3°	6°	9°	12°	15°
	Bagian Tubuh (°)						
1	Upper Arm	19	20	19	5	9	8
2	Lower Arm	70	79	82	85	81	83
3	Wrist	30	35	20	24	15	20
4	Wrist Twist						
5	Muscle						
6	Force						
7	Neck	20	21	9	12	11	10
8	Trunk	10	20	20	18	4	0
9	leg	130	122	124	125	124	120
10	Finger	165	160	160	160	160	160

Dari pengukuran sudut bagian tubuh pada table diatas kemudian dikonversi untuk mendapatkan nilai rula, dengan menggunakan nilai pembanding pada gambar 5, hasil dari konversi nilai rula tersebut adalah seperti pada table 7 dan table 8 berikut:

Tabel 7. Hasil konversi nilai rula pada jalan menanjak

Bagian Tubuh	Sudut yang diperoleh	Nilai Tabel RULA					
		0°	3°	6°	9°	12°	15°
Upper Arm	Lengkung -20° to 20°	1	1	1	1	1	1
Lower Arm	Lengkung 60 - 100°	1	1	1	1	1	1
Wrist	Lengkung >-15°	3	3	3	3	3	3
Wrist Twist	Tengah	1	1	1	1	1	1
Skor Total Grup A menurut Tabel RULA		2	2	2	2	2	2
Neck	Lengkung 10 - 20°	2	2	2	2	2	2
Trunk	Lengkung 0 - 20°	2	2	2	2	2	2
Leg	Setimbang	1	1	1	1	1	1
Skor Total Grup B menurut Tabel RULA		2	2	2	2	2	2
FINAL SCORE		2	2	2	2	2	2

Tabel 8. Hasil konversi nilai rula pada jalan menurun

Bagian Tubuh	Sudut yang diperoleh	Nilai Tabel RULA					
		0°	3°	6°	9°	12°	15°
Upper Arm	Lengkung -20° to 20°	1	1	1	1	1	1
Lower Arm	Lengkung 60 - 100°	1	1	1	1	1	1
Wrist	Lengkung >-15°	3	3	3	3	3	3
Wrist Twist	Tengah	1	1	1	1	1	1
Skor Total Grup A menurut Tabel RULA		2	2	2	2	2	2
Neck	Lengkung 10 - 20°	2	2	2	2	2	2
Trunk	Lengkung 0 - 20°	2	2	2	2	2	2
Leg	Setimbang	1	1	1	1	1	1
Skor Total Grup B menurut Tabel RULA		2	2	2	2	2	2
FINAL SCORE		2	2	2	2	2	2

Sesuai dengan metode RULA, tingkat ergonomi (kenyamanan) ditentukan oleh tingkat resiko cedera tubuh saat menggunakan kursi roda. Jika nilai *final score* yang keluar ≤ 2 , maka dapat dikatakan bahwa kursi roda tersebut aman dan ergonomis, sedangkan bila nilai final score yang keluar > 2 , maka kursi roda tersebut belum bisa dikatakan aman dan ergonomis.

KESIMPULAN

Kursi roda dapat dilipat dari lebar 530mm menjadi 300mm sehingga mudah untuk dipindahkan, dengan syarat tempat duduk dan sandaran dilepas. Kursi roda bisa direbahkan dari posisi 90° sampai 165° sudah memenuhi fungsi dengan baik. Kursi roda dapat diangkat dengan mekanisme pengangkat bodi setinggi 58cm dari 75cm standar minimum ketinggian meja periksa yang ditargetkan. Pada saat posisi naik, bodi kursi roda cenderung miring kedepan, ini disebabkan tumpuan kursi roda hanya dua kaki jadi kurang setimbang. Putaran gigi kanan dan kiri tidak bisa serempak sehingga tinggi sebelah. Kursi roda dapat berfungsi dengan baik di jalan bidang datar, tempat duduk stabil di jalan bidang menanjak dan menurun. Berdasarkan uji pengukuran goniometer yang telah dilakukan dapat diperoleh hasil, yaitu untuk responden dengan berat badan 50kg mendapat nilai total 2, yang berarti kursi roda tersebut sudah dapat dikategorikan aman dan ergonomis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami selaku penulis bersujud syukur kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami sehingga jurnal ini bisa terwujud

meskipun masih perlu perbaikan secara terus menerus, kemudian kami haturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Ir. *I Made Londen Batan* M.Eng. yang tak kenal lelah membimbing kami sewaktu kami menempuh pendidikan S2 di FTI ITS Surabaya sehingga kami bisa seperti pada saat ini dan kepada teman-teman khususnya Aslab Teknik Mesin (Selamat Riduwan, Eko Siswono, Rosdeawan Yusup dan teman seperjuangan Ardhi), serta rekan-rekan di kampus tercinta umsida yang telah banyak membantu kami baik dukungan moral dan materi. Begitupun juga dengan keluarga besar saya diprobolinggo yang mendukung dan mendoakan, Amin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Batan, I Made Londen, (2012), *Desain Produk*, edisi pertama, Guna Widya, Surabaya.
- [2] Ardhi, (2014), Perancangan Kursi Roda Multipurpose, Tesis, FTI ITS Surabaya.
- [3] Bridger, R.S. *Introduction to ergonomics*. International edition. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1995.
- [4] Bastien, J.M.C. and Scapin, D.L. (1993), Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces, Rapport technique No. 156, Institute Nationale de Recherche en Informatique et en Automatique, Le Chesnay, France.
- [5] Ariani Farida, 2010, Analisis Postur Kerja Dalam Sistem Manusia Mesin Untuk Mengurangi Fatigue Akibat Kerja Pada Bagian Air Traffic Control (ATC) di PT. Angkasa Pura II Polonia. Medan: Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas teknik USU.
- [6] Ariani, Tati, 2009, Gambaran Risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs) dalam Pekerjaan Manual Handling pada Buruh Angkut Barang (Porter) di Stasiun Kereta Jatinegara Tahun 2009. Skripsi. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
- [7] Adi, 2008, Assessment Worksheet : Rapid Entire Body Assessment. Sumber : Hignett, S., McAtamney, L., Applied Ergonomics, 31, 201-205, 2000. Institut Teknologi Bandung: Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi.
- [8] Hutauruk dan dan Gumonggom Andi. (2010). Perancangan Kursi Roda Untuk Jalan Datar dan Menanjak dengan Sudut Kemiringan Tanjakan 30 Derajat. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- [9] Gali Abdul dan Zulkifli, (2009). Rancang bangun Kursi Roda Elektrik Dengan Mekanisme Roda Gigi Lurus. Makassar : Universitas Hasanuddin
- [10] Stephen J. McPhee, Maxine Papadakis, Michael W. Rabow. *Current Medical Diagnosis and Treatment, 50th Edition*, McGraw-Hill Prof Med/Tech, 2011