

**PERANCANGAN KURSI RODA TOILET DENGAN
MEKANISME PENGUBAH KETINGGIAN DAN PROSES
LIFTING YANG MUDAH BAGI LANSIA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Alif Raditya

No. Mahasiswa : 17525054

NIRM : 2017023609

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya Tugas Akhir ini benar-benar hasil karya saya sendiri yang sepengetahuan saya tidak terdapat karya ataupun tulisan yang diterbitkan orang lain, kecuali kutipan yang sudah secara tertulis saya sebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari pernyataan saya tidak benar dan melanggar hak kekayaan intelektual, saya bersedia menerima hukuman atau sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 21 Desember 2021

Penulis,



Alif Raditya

NIM. 17525054

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN KURSI RODA TOILET DENGAN
MEKANISME PENGUBAH KETINGGIAN DAN PROSES
LIFTING YANG MUDAH BAGI LANSIA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

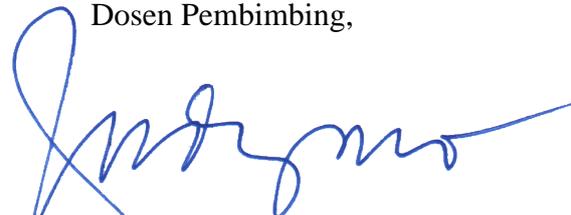
Nama : Alif Raditya

No. Mahasiswa : 17525054

NIRM : 2017023609

Yogyakarta, 21 Desember 2021

Dosen Pembimbing,



Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN KURSI RODA TOILET DENGAN MEKANISME PENGUBAH KETINGGIAN DAN PROSES *LIFTING* YANG MUDAH BAGI LANSIA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Alif Raditya

No. Mahasiswa : 17525054

NIRM : 2017023609

Tim Penguji

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

Ketua



Tanggal : 31 Desember 2021

Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.

Anggota I



Tanggal : 13 Januari 2022

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II



Tanggal : 31 Desember 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada orang tua yang senantiasa memberi dukungan serta doa dalam masa studi hingga kewajiban penulis untuk menyelesaikan studi strata satu ini dalam bentuk Tugas Akhir, serta teman-teman yang telah membantu dalam setiap proses penyelesaian Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar



HALAMAN MOTTO

“Tak perlu menyesali hal yang telah terjadi, cukup persiapkan diri agar tak terulang kembali.”

- Rahmat Irvan Rinaldy.



KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan menyebut nama Allah SWT, yang maha pengasih lagi maha penyayang. Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia –Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu Teknik Mesin di Universitas Islam Indonesia.

Laporan Tugas Akhir ini dapat selesai tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah ikut serta berkontribusi dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini dan secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat serta karunia –Nya kepada penulis, dan tak lupa kepada Nabi besar Muhammad SAW sebagai nabi akhir zaman dan suri tauladan bagi umat manusia.
2. Kedua orang tua serta seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan serta doa dalam menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing penulis.
4. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin FTI UII dan semua pihak yang telah berjasa dalam membantu penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga segala dukungan, masukan, serta bantuan yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini dicatat oleh Allah SWT sebagai amal ibadah. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, oleh karena itu penulis memohon maaf untuk segala kesalahan yang terdapat pada penulisan laporan ini secara penulisannya mengingat kurangnya pengetahuan serta pengalaman penulis, oleh karena itu penulis menerima segala kritik serta

saran yang membangun untuk laporan ini dapat lebih baik lagi. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 31 Desember 2021

Penulis,

Alif Raditya



ABSTRAK

Lanjut usia merupakan periode kehidupan yang akan dialami oleh setiap manusia sebagai periode penutup. Pada periode tersebut sangat erat berkaitan dengan permasalahan keterbatasan fisik, seperti kurang keseimbangan serta kesulitan berjalan. Permasalahan tersebut tentunya sangat mempengaruhi mobilitas lansia dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam penggunaan produk sanitasi seperti penggunaan toilet duduk. Kursi roda konvensional sudah menjadi solusi bagi mobilitas lansia sehari-hari. Tetapi dalam penggunaan toilet duduk, penggunaannya harus melakukan proses *lifting* yang cukup beresiko terjadi kecelakaan seperti jatuh akibat terpeleset di dalam kamar mandi. Pada penelitian ini dilakukan perancangan produk kursi roda toilet dengan proses *lifting* yang lebih mudah serta mekanisme pengubah ketinggian menggunakan penggerak *linear actuator* untuk membantu memudahkan mobilitas lansia dan mengurangi resiko terjadinya kecelakaan. Hasil penelitian ini berupa produk kursi roda 1:1. Produk sudah mampu berfungsi dengan baik dengan durasi perubahan ketinggian menyesuaikan terhadap variasi beban yang diberikan serta proses *lifting* yang bisa dilakukan saat penggunaannya dalam kondisi duduk tanpa harus berdiri terlebih dahulu.

Kata kunci: Kursi roda, toilet duduk, lansia, *linear actuator*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Kursi Roda	6
2.2.2 Toilet	6
2.2.3 Lansia	7
2.2.4 Antropometri	7
2.2.5 Perancangan Produk	7
Bab 3 Metode Penelitian	8
3.1 Alur Perancangan	8
3.2 Kriteria Desain	8

3.3	Peralatan dan Bahan.....	9
3.3.1	Peralatan	9
3.3.2	Bahan	11
3.4	Perancangan	14
3.4.1	Konsep Mekanisme	14
3.4.2	Penentuan Dimensi	15
3.4.3	Pemilihan Aktuator.....	15
3.4.4	Komponen <i>Electrical</i>	16
3.4.5	Desain	16
3.4.6	Simulasi Beban	19
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	21
4.1	Proses Produksi.....	21
4.1.1	Proses Produksi Komponen Mekanika.....	21
4.1.2	Proses Produksi Komponen Elektrikal.....	22
4.1.3	Proses Perakitan.....	23
4.2	Hasil Produk	24
4.3	Pengujian	24
4.3.1	Pengujian Mekanisme	24
4.3.2	Pengujian Kesesuaian Desain.....	25
4.3.3	Pengujian Kemampuan.....	26
4.3.4	Pengujian Proses <i>Lifting</i> dan Kenyamanan	28
Bab 5	Penutup.....	32
5.1	Kesimpulan	32
5.2	Saran	32
Daftar Pustaka	33

DAFTAR TABEL

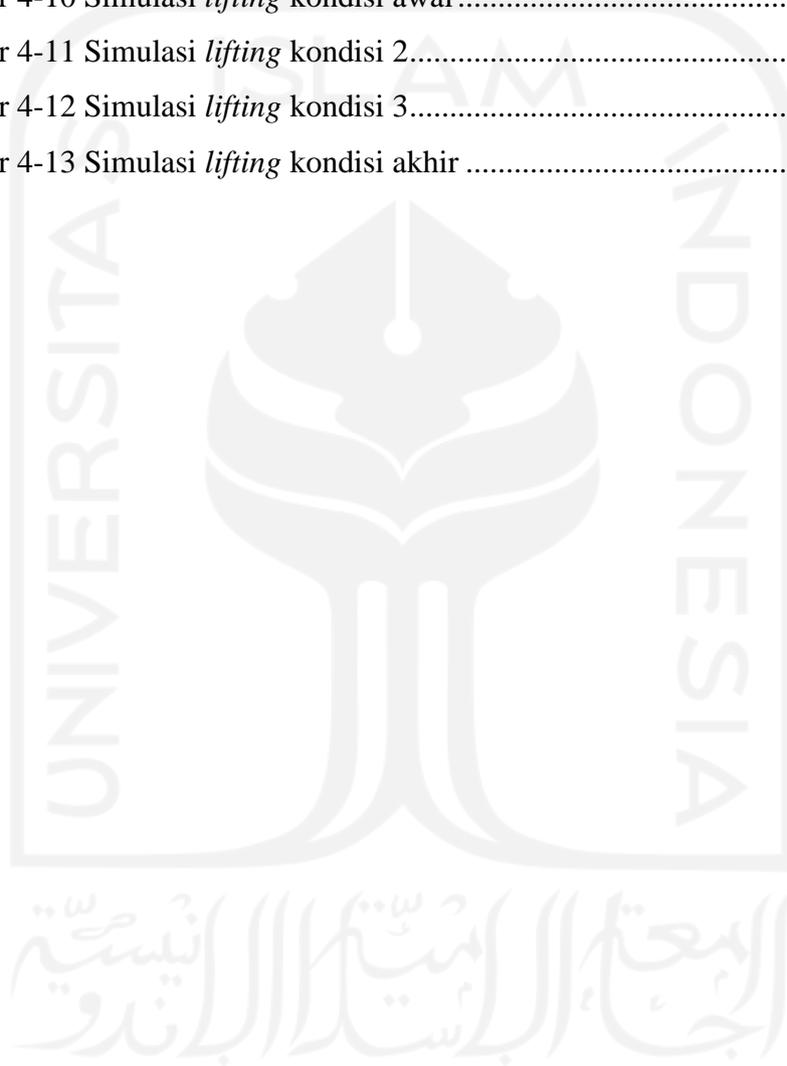
Tabel 3-1 Kriteria Desain	9
Tabel 3-2 Hasil Simulasi Beban	20
Tabel 4-1 Hasil Pengujian Naik	27
Tabel 4-2 Hasil Pengujian Turun	27
Tabel 4-3 Rata-rata Naik dan Turun.....	27
Tabel 4-4 Penilaian Kemudahan Proses <i>Lifting</i>	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Persentase lansia di Indonesia	1
Gambar 2-1 Kursi Roda Pasien Stroke.....	4
Gambar 2-2 <i>Wheelchair with a Lifting Function</i>	5
Gambar 2-3 <i>Multipurpose Wheelchair</i>	6
Gambar 3-1 Alur perancangan	8
Gambar 3-2 Mesin <i>laser cutting</i>	9
Gambar 3-3 Gerinda tangan	10
Gambar 3-4 Alat <i>bending</i> pipa	10
Gambar 3-5 Mesin las	10
Gambar 3-6 Mesin bor.....	11
Gambar 3-7 <i>Tools set</i>	11
Gambar 3-8 Pipa besi hitam 1 inci	11
Gambar 3-9 Pipa galvanis $\frac{3}{4}$ inci	12
Gambar 3-10 Besi hitam berongga 40 mm x 40 mm	12
Gambar 3-11 Plat besi 3 mm	12
Gambar 3-12 <i>Electric linear actuator</i>	13
Gambar 3-13 <i>Castor wheel</i>	13
Gambar 3-14 Baterai 18650 3.7V.....	13
Gambar 3-15 BMS 3S	14
Gambar 3-16 Modul remot aktuator.....	14
Gambar 3-17 <i>Linear actuator</i>	15
Gambar 3-18 Desain kursi roda toilet	16
Gambar 3-19 Desain rangka bawah	17
Gambar 3-20 Desain engsel <i>bracket</i>	18
Gambar 3-21 Desain rangka duduk kanan	18
Gambar 3-22 Hasil simulasi beban kondisi ketinggian minimal.....	19
Gambar 3-23 Hasil simulasi beban kondisi ketinggian maksimal	19
Gambar 4-1 Hasil <i>bending</i> pipa besi	22
Gambar 4-2 Hasil <i>laser cutting</i> plat duduk dan <i>bracket</i>	22
Gambar 4-3 Rangkaian baterai	23

Gambar 4-4 Rangkaian modul remot	23
Gambar 4-5 Hasil produk	24
Gambar 4-6 Posisi ketinggian minimal kursi roda	25
Gambar 4-7 Posisi ketinggian maksimal kursi roda.....	25
Gambar 4-8 Pengujian kursi roda di toilet duduk.....	26
Gambar 4-9 Pengujian kursi roda di toilet duduk.....	26
Gambar 4-10 Simulasi <i>lifting</i> kondisi awal	28
Gambar 4-11 Simulasi <i>lifting</i> kondisi 2.....	29
Gambar 4-12 Simulasi <i>lifting</i> kondisi 3.....	29
Gambar 4-13 Simulasi <i>lifting</i> kondisi akhir	30



DAFTAR NOTASI

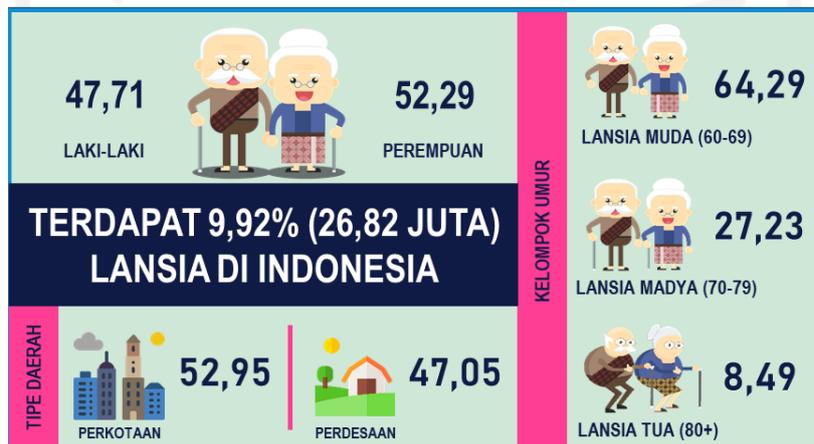


BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lansia atau lanjut usia merupakan periode kehidupan yang akan dialami oleh seluruh manusia sebagai periode penutup. Berdasarkan pada survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik tahun 2020, menyatakan bahwa struktur penduduk Indonesia saat ini sudah hampir memasuki *ageing population* dengan jumlah lansia mendekati 10% dari total penduduk di Indonesia.



Gambar 1-1 Persentase lansia di Indonesia

Sumber: Susenas BPS 2020

Pentingnya memperhatikan kesejahteraan lansia dalam hal pemenuhan kebutuhan pribadi mereka, mengingat pada periode ini umumnya akan terjadi berbagai permasalahan kesehatan seperti terjadinya penurunan kondisi dan kemampuan fisik akibat faktor usia (Hamidah & Wrastari, 2012). Permasalahan yang banyak dijumpai adalah penurunan fungsi alat gerak seperti kesulitan berjalan, sehingga menghambat proses ketika akan berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

Kursi roda sudah banyak digunakan untuk menjadi solusi dalam mempermudah mobilitas lansia sehari-hari. Namun, pada usia lanjut, penggunaan kursi roda biasa—dalam artian kursi roda yang sudah banyak ditemui di pasaran—akan cukup menyulitkan bagi lansia saat proses perpindahan, dari kasur ke kursi roda, lalu kursi roda ke toilet, dan tentunya akan memakan banyak waktu

dan tenaga. Adanya proses perpindahan yang relatif sering terjadi, membuat kemungkinan terjadinya kecelakaan atau terjatuh saat proses perpindahan juga semakin tinggi yang mengakibatkan cedera pada pasien (van Drongelen dkk., 2011).

Untuk memudahkan lansia saat hendak ke toilet, dibutuhkan kursi roda toilet dengan proses *lifting* yang mudah dan dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan. Selain itu, fleksibilitas ketinggian kursi roda menjadi penting mengingat produk-produk *furniture* memiliki ketinggian yang berbeda satu sama lain, dan juga adanya perbedaan ketinggian dengan toilet duduk, sehingga diperlukan mekanisme pengubah ketinggian pada kursi roda.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka diperlukan mekanisme pengubah ketinggian pada kursi roda toilet dengan rumusan masalah meliputi:

1. Bagaimana membuat kursi roda toilet dengan mekanisme pengubah ketinggian dan proses *lifting* yang mudah?
2. Bagaimana kemampuan kursi roda toilet saat digunakan?

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini telah dilakukan perancangan, pembuatan, hingga melakukan pengujian, namun dalam proses perancangan dan pembuatannya dibatasi oleh:

1. Kloset duduk yang digunakan sebagai referensi merupakan kloset duduk yang umum dijumpai di Indonesia dalam kondisi standar tanpa adanya tambahan alat bantu apapun dengan ketinggian standar adalah 400mm.
2. Dimensi kursi roda toilet yang dibuat berdasarkan referensi berat badan rata-rata lansia di Indonesia.
3. Lansia yang ditargetkan merupakan lansia dengan permasalahan kesulitan berjalan namun masih dapat duduk dengan baik.
4. Perancangan dilakukan dengan menggunakan *software SolidWorks* 2018.
5. Proses fabrikasi dilakukan di *workshop*.
6. Tidak membahas proses pengelasan dan perhitungan.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari perancangan yang dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Merancang dan membuat kursi roda toilet dengan mekanisme pengubah ketinggian dan proses *lifting* yang mudah.
2. Mengetahui kemampuan kursi roda toilet tersebut saat digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Dengan dirancangnya kursi roda toilet yang memiliki mekanisme pengubah ketinggian, akan dapat membantu memudahkan mobilitas lansia ketika berpindah dari/ke kasur dan dari/ke toilet duduk yang memiliki perbedaan ketinggian serta meminimalkan terjadinya kecelakaan dengan proses *lifting* yang mudah.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar laporan ini terdiri dari 5 bab, yang mana dari 5 bab tersebut terbagi lagi menjadi beberapa subbab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab 1 yaitu pendahuluan, bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan dan sistematika penulisan.
2. Bab 2 membahas tentang tinjauan pustaka yang terdiri dari landasan teori
3. Bab 3 membahas tentang metode penelitian yang meliputi alur perancangan, kriteria desain, alat dan bahan yang digunakan, proses perancangan, dan simulasi beban.
4. Bab 4 membahas mengenai proses produksi kursi roda, hasil produk, dan pengujian yang dilakukan.
5. Bab 5 yaitu penutup, yang berisi tentang kesimpulan hasil perancangan dan saran untuk penelitian selanjutnya

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kemudahan dalam proses *lifting* pasien dibutuhkan pada kursi roda demi meminimalisir kecelakaan yang mungkin saja terjadi saat perpindahan dari kursi roda ke suatu tempat atau sebaliknya. Saat ini sudah terdapat referensi terkait kursi roda dengan mekanisme *lifting* yang dapat menjadi acuan bagi penulis dalam pengoptimalan proses perancangan.

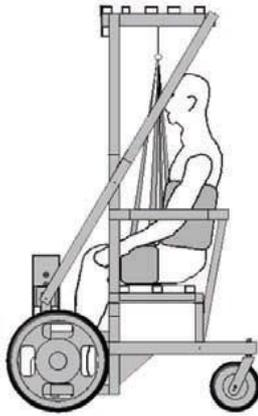
Salah satu referensi perancangan adalah yang dilakukan oleh (Lamada, 2020) pada tahun 2020 yang berjudul “*Perancangan Prototipe Kursi Roda Untuk Pasien Stroke*” yang mana pada perancangan tersebut memiliki tujuan membuat kursi roda dengan proses *lifting* pasien yang mudah untuk mengurangi resiko terjadinya cedera. Hasil pada perancangan ini berupa produk kursi roda dengan mekanisme dudukan kursi yang terbagi menjadi 2 bagian, kanan dan kiri. Kemudian dudukan tersebut dapat terbuka ke arah berlawanan seperti mekanisme engsel pada pintu, sehingga proses *lifting* pasien dapat dilakukan tanpa mengharuskan pasien untuk berdiri terlebih dahulu.



Gambar 2-1 Kursi Roda Pasien Stroke

Sumber: (Lamada, 2020)

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Mori dkk., 2012) dengan judul “*Development of a Wheelchair with a Lifting Function*” membahas mengenai kursi roda dengan tambahan mekanisme *lifting* untuk memudahkan proses perpindahan dari kursi roda ke toilet ataupun ke kasur dan sebaliknya. Hasil penelitian tersebut berupa mekanisme *lifting* pada kursi roda dengan memanfaatkan motor elektrik dan *pulley*, dimana nantinya pasien akan terangkat menggunakan tali pengikat yang tersambung pada *pulley*, sedangkan dudukan kursi masih sama seperti kursi roda pada umumnya.



Gambar 2-2 *Wheelchair with a Lifting Function*

Sumber: (Mori dkk., 2012)

Penelitian berupa kursi roda dengan mekanisme *lifting* juga dilakukan oleh (Akhil dkk., 2021) dengan judul “*Design and Manufacturing of Multipurpose Wheelchair*” yang mana pada penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat kursi roda dengan biaya yang lebih terjangkau dan memiliki mekanisme *lifting* tidak terdapat kontak langsung dengan pasien dalam artian pasien tidak perlu mengeluarkan tenaga lebih untuk naik ke kursi roda. Hasil pada penelitian ini berupa kursi roda serbaguna dengan dudukan pasien menggunakan tali yang dikaitkan pada rangka. Kursi roda ini dapat berubah ketinggiannya secara manual dengan menggunakan sistem ulir yang terdapat pada poros tiang utama.



Gambar 2-3 *Multipurpose Wheelchair*

Sumber: (Akhil dkk., 2021)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Kursi Roda

Kursi roda merupakan alat bantu mobilitas bagi penyandang cacat atau orang-orang yang memiliki resiko jika berjalan sendiri dan orang lanjut usia untuk berpindah tempat dari satu tempat ke tempat lainnya (Ady, 2011). Perkembangan kursi roda hingga saat ini cukup pesat, terdapat 2 jenis kursi roda, yaitu kursi roda manual yang masih digerakkan oleh bantuan orang lain, dan kursi roda elektrik (*Motorized Wheelchair*) yang bisa digerakkan oleh penggunanya.

2.2.2 Toilet

Toilet secara umum terbagi menjadi 2 jenis, yaitu toilet jongkok dan toilet duduk. Masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, seperti ketika melihat dari sisi modern dan kuno, tentu toilet duduk lebih modern dibanding toilet jongkok (Yu, 2012). Dari sisi kebersihan, toilet duduk tidak lebih higienis dari toilet jongkok, dengan toilet jongkok, tubuh tidak bersentuhan langsung dengan permukaan toilet yang berpotensi sebagai pencemar bakteri (barker)

2.2.3 Lansia

Lansia atau lanjut usia merupakan seseorang yang telah memasuki usia 60 tahun ke atas berdasarkan pada Undang-undang No 13 Tahun 1998 tentang kesejahteraan lanjut usia. Tentunya terdapat perbedaan pendapat antara para ahli terkait penggolongan batasan usia lanjut, seperti seorang ahli psikologi (Santrock, 2011) yang menyatakan bahwa usia lanjut adalah ketika seseorang memasuki usai 65 tahun.

Lanjut usia dapat dikatakan sebagai periode dewasa akhir bagi setiap manusia, dimana pada usia lanjut, seseorang umumnya akan mulai merasakan perubahan pada dirinya, baik perubahan secara fisik, perubahan sosial, maupun kognitif. Namun, perubahan ini bukanlah suatu penyakit, melainkan faktor akibat usia yang secara normal terjadi pada manusia.

2.2.4 Antropometri

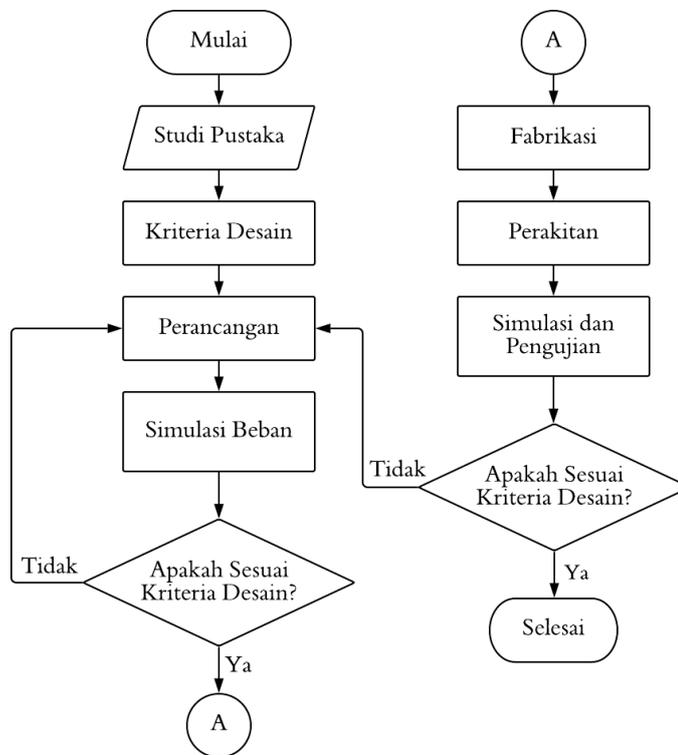
Manusia, pada dasarnya memiliki ukuran serta bentuk tubuh yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Studi yang mempelajari terkait pengukuran tubuh manusia disebut dengan antropometri, dikatakan oleh (Wignjosoebroto, 2008) bahwa antropometri berasal dari kata "*anthro*" yang memiliki arti manusia, dan "*metri*" yang berarti ukuran. Dapat dikatakan bahwa data antropometri memiliki peran penting dalam memastikan kesesuaian dan kelayakan desain saat proses perancangan suatu produk (Nadadur & Parkinson, 2013).

2.2.5 Perancangan Produk

Perancangan merupakan suatu kegiatan ataupun aktivitas penggabungan berbagai elemen yang memiliki fungsi berdasarkan dari ide atau gagasan terhadap suatu permasalahan untuk kemudian diimplementasikan dalam bentuk produk untuk memenuhi kebutuhan (Rosidi, 2019).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Perancangan



Gambar 3-1 Alur perancangan

3.2 Kriteria Desain

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian serta dengan mempertimbangkan batasan-batasan masalah, maka dapat ditentukan kriteria-kriteria pembuatan alternatif desain kursi roda toilet terdiri dari lima kriteria.

Tabel 3-1 Kriteria Desain

No	Kriteria	Deskripsi
1	Ketinggian Dudukan Fleksibel	Ketinggian dudukan kursi roda dapat diubah/diatur sesuai kebutuhan dengan tinggi minimal mereferensi ketinggian toilet standar (400mm).
2	Proses <i>Lifting</i> Mudah	Proses <i>lifting</i> dapat dilakukan ketika pengguna sedang dalam kondisi duduk dan tidak perlu berdiri terlebih dahulu.
3	Kuat	Kursi roda dapat menopang berat badan lansia rata-rata, yaitu 60-70kg (Sarvia dkk., 2021).
4	Dimensi Sesuai	Dimensi kursi roda sesuai dengan data antropometri lansia di Indonesia. (Sarvia dkk., 2021).
5	Praktis	Proses merubah ketinggian dapat dilakukan oleh pengguna.

3.3 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan kursi roda toilet, antara lain sebagai berikut:

3.3.1 Peralatan

1. Mesin *Laser Cutting*



Gambar 3-2 Mesin *laser cutting*

Sumber: bengkelprint.co.id

2. Gerinda Tangan



Gambar 3-3 Gerinda tangan

Sumber: tokoonline88.com

3. Alat Bending Pipa



Gambar 3-4 Alat *bending* pipa

4. Mesin Las



Gambar 3-5 Mesin las

Sumber: klikglodok.com

5. Mesin Bor



Gambar 3-6 Mesin bor

Sumber: elfitri.com

6. *Tools Set*



Gambar 3-7 *Tools set*

Sumber: ceklist.id

3.3.2 Bahan

1. Pipa Besi Hitam 1 inci



Gambar 3-8 Pipa besi hitam 1 inci

2. Pipa Galvanis ¾ inci



Gambar 3-9 Pipa galvanis ¾ inci

3. Besi Hitam Berongga 40 mm x 40 mm



Gambar 3-10 Besi hitam berongga 40 mm x 40 mm

4. Plat Besi 3 mm



Gambar 3-11 Plat besi 3 mm

5. *Electric Linear Actuator*



Gambar 3-12 *Electric linear actuator*

6. *Castor Wheel*



Gambar 3-13 *Castor wheel*

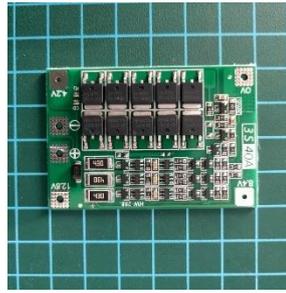
7. *Baterai 18650 3.7V*



Gambar 3-14 *Baterai 18650 3.7V*

Sumber: awallaptop

8. BMS 3S



Gambar 3-15 BMS 3S

Sumber: awallaptop

9. Modul Remot Aktuator



Gambar 3-16 Modul remot aktuator

Sumber: awallaptop

3.4 Perancangan

3.4.1 Konsep Mekanisme

Kursi roda toilet yang akan dirancang memiliki konsep dudukan yang terpisah menjadi dua bagian, yaitu kanan dan kiri seperti konsep pada engsel pintu. Nantinya dudukan tersebut dapat dibuka saat akan digunakan atau saat proses *lifting*. Maka dari itu, kursi roda ini hanya menggunakan dua tiang sebagai penopang di bagian depan, sedangkan bagian belakang atau tepat di bawah tempat duduk tidak boleh ada penyangga. Dapat dikatakan bahwa kursi roda yang dirancang memiliki tiga bagian utama, yaitu rangka bagian bawah sebagai penopang utama, *bracket* aktuator sekaligus berperan seperti pin pada engsel, dan rangka duduk atas. Nantinya dudukan dapat bergerak naik dengan bantuan motor

aktuator linier. Konsep seperti ini ditujukan agar proses *lifting* dapat dilakukan tanpa mengharuskan pengguna dalam posisi berdiri terlebih dahulu.

Konsep selanjutnya adalah penggunaan remot pada aktuator, ditujukan agar lebih leluasa penggunaannya dan lebih mudah digunakan baik oleh perawat atau pengguna kursi roda, juga mengurangi kemungkinan adanya kabel yang berantakan jika menggunakan saklar atau *toggle switch*.

3.4.2 Penentuan Dimensi

Pada perancangan kursi roda toilet ini, penentuan dimensi dilakukan berdasarkan referensi data antropometri lansia yang penulis dapatkan, dimana data antropometri yang digunakan sebagai acuan adalah berat badan, lebar tubuh, dan tinggi popliteal.

3.4.3 Pemilihan Aktuator

Sesuai dengan konsep mekanisme, dibutuhkan aktuator sebagai perangkat yang berperan dalam merubah ketinggian tempat duduk kursi roda. Aktuator tentunya harus bisa menahan beban dari berat badan pengguna dan berat dari rangka duduk. Berdasarkan data, berat badan lansia di Indonesia berkisar antara 60-70 kg.



Gambar 3-17 *Linear actuator*

Sumber: ubuy.co.id

Setelah melakukan pencarian kemungkinan aktuator yang akan digunakan, maka penulis mendapatkan *Electric Linear Actuator Motor* dengan spesifikasi

daya DC 12V, panjang *stroke* 150mm, kecepatan 12mm/s dan beban maksimum yang dapat diterima adalah 1000N (100 kg).

3.4.4 Komponen *Electrical*

Penggunaan *linear actuator* tentunya membutuhkan sumber daya untuk menjalankan mekanisme. Sumber daya yang dipilih merupakan 6 buah baterai 18650 3.7V yang disusun secara seri paralel hingga menghasilkan voltase 11.1V, yaitu sedikit dibawah kebutuhan *linear actuator* yang membutuhkan 12V. Penggunaan baterai jenis tersebut membutuhkan penyeimbang berupa BMS 3S.

Sesuai konsep desain yang menginginkan penggunaanya dapat mengoperasikan sendiri mekanisme pengubah ketinggian, maka digunakan modul remot *wireless* yang bisa digunakan pada *linear actuator*.

3.4.5 Desain

Pembuatan desain diawali dengan membuat sketsa terlebih dahulu secara manual yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan desain 3D dengan menggunakan *software SolidWorks 2018*.



Gambar 3-18 Desain kursi roda toilet

Desain kursi roda pada saat posisi paling rendah memiliki dimensi panjang, lebar, dan tinggi 75 cm x 50 cm x 41 cm dengan tinggi yang disebutkan merupakan tinggi rangka duduk dari tanah, sedangkan dalam posisi tertinggi, dengan spesifikasi panjang *stroke* aktuator 150mm menghasilkan dimensi 75 cm x 50 cm x 56 cm. Berikut adalah desain masing-masing komponen utama pada kursi roda:

1. Desain Rangka Bawah

Material yang digunakan merupakan perpaduan pipa besi dengan bentuk kotak berongga ukuran 40 mm x 40 mm dan pipa besi hitam 1 inci.



Gambar 3-19 Desain rangka bawah

Rangka bawah berfungsi sebagai penopang utama, dimana di sana diletakkan roda dan *linear actuator* serta sebagai tiang penopang dan jalur untuk perubahan ketinggian bagi *bracket* dan rangka duduk atas. Tiang penopang hanya terdapat 2 di depan dikarenakan kursi roda didesain agar bisa melakukan *lifting* ketika pengguna sedang berada di kasur, dimana sebagian rangka bawah kursi roda akan masuk ke kolong kasur sehingga tidak bisa diberi tiang penopang di bagian belakang.

2. Desain *Bracket* dan Engsel

Komponen ini merupakan bagian terpenting dalam proses perubahan ketinggian, dengan perpaduan dari 3 material, yaitu pipa besi ukuran 1 inci, pipa galvanis ukuran $\frac{3}{4}$ inci dan plat besi ketebalan 3mm. Tidak ada alasan khusus dalam pemilihan 2 jenis pipa tersebut, pipa dengan perbedaan ukuran tersebut digunakan karena memiliki ukuran diameter dalam dan diameter luar yang pas. Diameter dalam dari baja paduan hanya berbeda beberapa milimeter dengan diameter luar pipa galvanis, sehingga pipa galvanis bisa bergerak seperti mekanisme pada engsel pintu.



Gambar 3-20 Desain engsel *bracket*

Plat besi 3mm dibentuk menggunakan proses *laser cutting* yang kemudian dilas pada pipa baja paduan yang memiliki panjang 5 cm. Kemudian pipa baja paduan dilakukan proses pengelasan juga pada pipa galvanis yang memiliki panjang 26 cm ke bawah, dan 22 cm ke atas.

3. Desain Rangka Atas (Rangka Duduk)

Desain rangka atas atau bisa dikatakan rangka duduk menggunakan material pipa baja paduan ukuran 1 inci sebagai rangka utama dan plat besi 3 mm sebagai alas duduk pengguna.

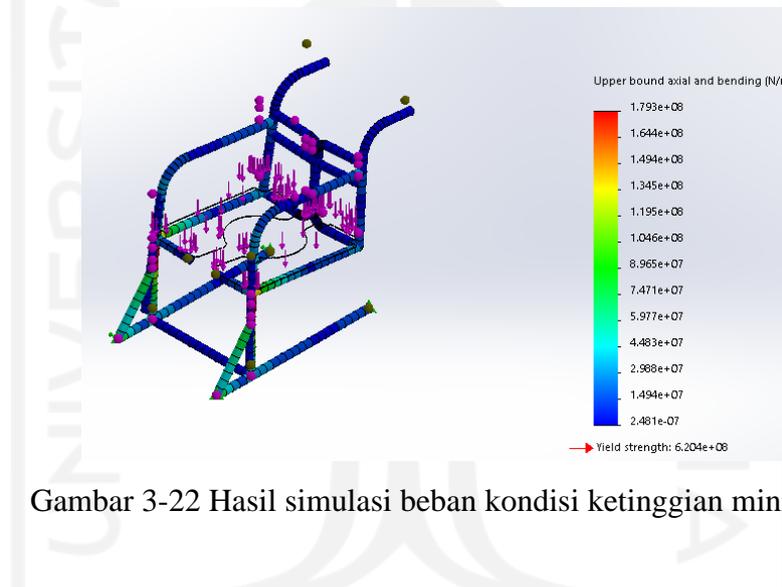


Gambar 3-21 Desain rangka duduk kanan

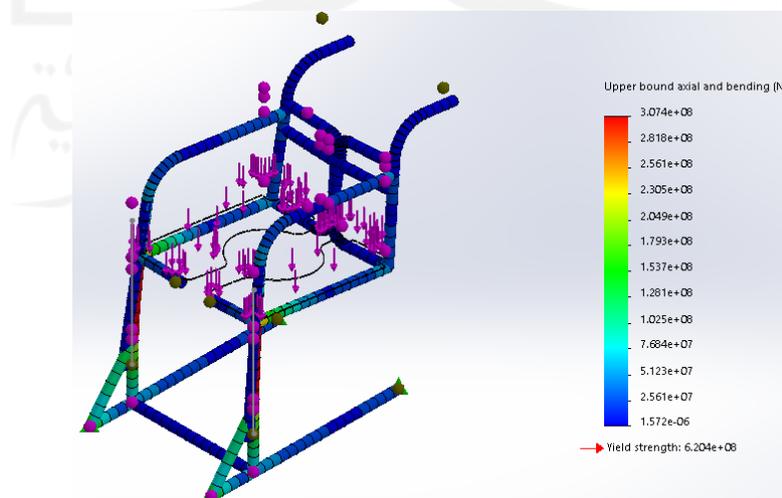
Konsep rangka duduknya adalah terpisah menjadi 2 bagian antara bagian kanan dan bagian kiri, sehingga dapat terbuka ke arah berlawanan dengan mekanisme engsel.

3.4.6 Simulasi Beban

Simulasi beban dilakukan untuk mengetahui kekuatan rangka ketika dikenai beban berdasarkan material yang digunakan. Beban yang digunakan penulis saat simulasi adalah 1.5 kali dari berat badan lansia rata-rata di Indonesia (70Kg) sehingga beban yang digunakan adalah 105Kg. Simulasi dilakukan dalam 2 kondisi, yaitu ketika berada pada ketinggian minimal dan ketinggian maksimal dengan material *steel alloy*. Simulasi diasumsikan bahwa pengguna dalam posisi duduk, sehingga peletakkan beban ada pada alas duduk, dengan titik tumpuan terletak pada keempat roda. Berikut rincian hasil *yield strength*, *von mises stress*, dan *safety factor* pada setiap kondisi:



Gambar 3-22 Hasil simulasi beban kondisi ketinggian minimal



Gambar 3-23 Hasil simulasi beban kondisi ketinggian maksimal

Tabel 3-2 Hasil Simulasi Beban

Kondisi	<i>Yield Strength</i> (MPa)	<i>Von Mises</i> <i>Stress</i> (MPa)	<i>Safety Factor</i>
Rendah	620	179	3.5
Tinggi	620	307	2

Berdasarkan hasil data simulasi yang telah dilakukan dengan pembebanan 1.5 kali dari berat badan rata-rata lansia dan menunjukkan bahwa *safety factor* masih di angka yang aman, maka dapat dikatakan bahwa kerangka dari kursi roda sudah sangat aman apabila digunakan pada lansia dengan berat badan rata-rata adalah 70Kg.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Produksi

Setelah melakukan tahap pembuatan konsep produk dan desain 3D dengan *software*, langkah selanjutnya adalah pembuatan produk nyata dari desain yang sudah dibuat.

4.1.1 Proses Produksi Komponen Mekanika

Proses produksi ini merupakan proses pembuatan seluruh komponen utama seperti: rangka bawah, rangka duduk, plat alas duduk, plat alas kaki, dan *bracket* aktuator.

Proses ini diawali dengan pengadaan bahan dan material yang dibutuhkan, yaitu pipa besi *hollow* dengan ukuran 1 inci, pipa galvanis ukuran $\frac{3}{4}$ inci, besi kotak *hollow* ukuran 40 mm x 40 mm, dan aktuator. Terdapat perbedaan pada pipa yang digunakan, ini disebabkan karena dalam pencarian pipa dengan ukuran lebih kecil, tidak ada pipa sejenis yang memiliki ukuran pas. Pas di sini dalam artian diameter luar pipa kecil hanya berbeda sedikit saja dengan diameter pipa besar.

Seluruh material dipotong terlebih dahulu menggunakan gerinda potong sesuai dengan panjang yang dibutuhkan untuk membuat *bracket*, rangka duduk dan rangka bawah. Kemudian dilakukan *bending* pada pipa besi *hollow* dan galvanis untuk membuat rangka duduk dengan menggunakan alat *bending* pipa untuk mendapatkan lengkungan pipa sesuai kebutuhan.



Gambar 4-1 Hasil *bending* pipa besi

Selain membutuhkan pipa besi *hollow* pada rangka duduk dibutuhkan plat sebagai alas duduk. Plat yang digunakan adalah plat besi dengan ketebalan 3 mm yang dibentuk sesuai keinginan dengan menggunakan *laser cutting* agar bentuk yang didapatkan presisi sesuai desain yang sudah dibuat.

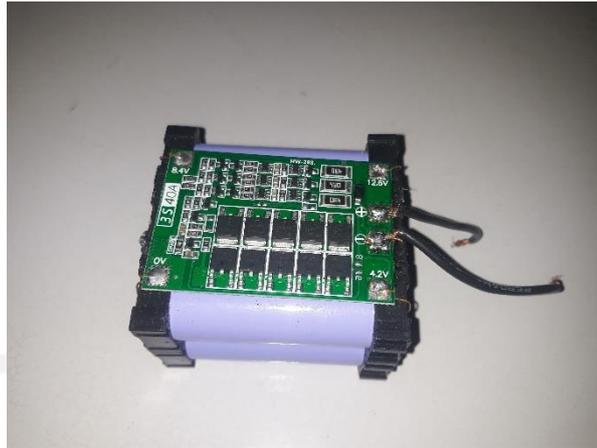


Gambar 4-2 Hasil *laser cutting* plat duduk dan *bracket*

Setelah semua material dan bahan sudah terbentuk sesuai desain, langkah selanjutnya adalah menyatukan material tersebut dengan proses pengelasan.

4.1.2 Proses Produksi Komponen Elektrikal

Baterai 18650 sebanyak 6 buah disusun secara seri-paralel untuk menghasilkan voltase 11.1V, penyusunan menggunakan *holder* baterai. Kemudian disolder sesuai rangkaian seri 3, dan disambungkan pada BMS



Gambar 4-3 Rangkaian baterai

Setelah rangkaian baterai sudah tersusun, selanjutnya adalah menyambungkannya pada modul remot dan *linear actuator*.



Gambar 4-4 Rangkaian modul remot

4.1.3 Proses Perakitan

Pada proses ini dilakukan penggabungan antar komponen agar membentuk sebuah produk. Penggabungan antara rangka bawah, rangka duduk, dan *bracket* tidak memerlukan mur dan baut, cukup dipasangkan atau diletakkan sesuai dengan posisinya. Penggunaan mur dan baut hanya pada aktuator dan roda. Baut yang digunakan pada aktuator memiliki ukuran M5 dan baut pada roda merupakan baut bawaan yang memiliki ukuran M12. Proses perakitan ini diakhiri dengan pemberian aksesoris seperti, karet dop, pengunci belakang, komponen elektrik, dan penutup poros.

4.2 Hasil Produk

Hasil produk yang diperoleh setelah berbagai rangkaian proses produksi dan proses perakitan adalah sebagai berikut:



Gambar 4-5 Hasil produk

Penggunaan kursi roda ini nantinya akan banyak bersinggungan dengan air, yang mana material besi hitam tidak tahan terhadap korosi, sehingga pelapisan dengan *coating* pada material kursi roda dilakukan agar mencegah terjadinya korosi pada kursi roda.

4.3 Pengujian

4.3.1 Pengujian Mekanisme

Pengujian mekanisme merupakan pengujian yang dilakukan dengan mengoperasikan proses perubahan ketinggian saat digunakan. Di sini penulis mencoba sendiri mengoperasikan mekanisme perubah ketinggian kursi roda. Dengan berat badan 83 kg kursi roda bisa bergerak naik maupun turun secara maksimal, sehingga dapat dikatakan bahwa produk sudah mampu menghasilkan pergerakan sesuai yang dibutuhkan dan dapat dioperasikan menggunakan remot oleh penggunanya.



Gambar 4-6 Posisi ketinggian minimal kursi roda



Gambar 4-7 Posisi ketinggian maksimal kursi roda

4.3.2 Pengujian Kesesuaian Desain

Pengujian kesesuaian desain merupakan pengujian yang dilakukan untuk memastikan dimensi kursi roda sesuai dengan kloset duduk dan memastikan aktuator dapat mengubah ketinggian kursi sesuai dengan kebutuhan. Hasil pengujian yang diperoleh adalah dimensi dari kursi roda sudah sesuai dengan dimensi toilet duduk, baik secara lebar kursi roda, panjang kursi roda, dan ketinggian kursi roda.



Gambar 4-8 Pengujian kursi roda di toilet duduk



Gambar 4-9 Pengujian kursi roda di toilet duduk

4.3.3 Pengujian Kemampuan

Pengujian selanjutnya adalah pengujian kemampuan produk untuk mengubah ketinggian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan produk oleh beberapa subjek dengan variasi berat badan untuk mengetahui kemampuan produk serta pengaruh berat badan terhadap kecepatan naik dan turun. Pada pengujian ini hanya terdapat perbedaan berat badan saja dan dilakukan secara ekstrim dengan masing-masing subjek menguji sebanyak 3 kali pengulangan naik dan turun, berikut adalah data hasil pengujian:

Tabel 4-1 Hasil Pengujian Naik

No	Nama	Usia	Berat Badan (kg)	Durasi Naik (s)			
				1	2	3	Rata-rata
1	Rahman	22	60	19.48	19.81	19.22	19.50
2	Irvan	22	65	24.12	24.61	26.17	24.97
3	Alif	22	83	29.85	32.38	31.27	31.17
4	Hendra	23	76	29.04	29.37	32.95	30.45
5	Ari	23	61	27.49	29.17	30.02	28.89
6	Widodo	60	49	18.19	19.80	19.32	19.10
7	Mardini	66	50	19.62	20.28	19.07	19.66
8	Sudiyono	63	69	24.23	26.13	27.53	25.96

Tabel 4-2 Hasil Pengujian Turun

No	Nama	Usia	Berat Badan (Kg)	Durasi Turun (s)			
				1	2	3	Rata-rata
1	Rahman	22	60	14.4	16.42	15.45	15.42
2	Irvan	22	65	17.51	19.53	19.67	18.90
3	Alif	22	83	17.38	15.62	20.17	17.72
4	Hendra	23	76	14.79	14.32	16.02	15.04
5	Ari	23	61	14.09	16.71	19.57	16.79
6	Widodo	60	49	16.65	16.05	17.29	16.66
7	Mardini	66	50	16.76	17.75	18.13	17.55
8	Sudiyono	63	69	15.17	16.43	18.34	16.65

Tabel 4-3 Rata-rata Naik dan Turun

No	Nama	Usia	Berat Badan (kg)	Durasi Naik (s)	Durasi Turun (s)
1	Rahman	22	60	19.50	15.42
2	Irvan	22	65	24.97	18.90
3	Alif	22	83	31.17	17.72
4	Hendra	23	76	30.45	15.04
5	Ari	23	61	28.89	16.79
6	Widodo	60	49	19.10	16.66
7	Mardini	66	50	19.66	17.55
8	Sudiyono	63	69	25.96	16.65

Berdasarkan hasil dari tabel 4-3 yang didapatkan setelah pengujian kemampuan produk dengan beban yang bervariasi, mulai dari 49Kg hingga yang

terberat adalah 83Kg. Hasil yang didapatkan cukup memuaskan dari segi mekanisme perubahan ketinggian maupun dari segi kekuatan, dimana kecepatan proses perubahan ketinggian dipengaruhi oleh beberapa faktor. Namun pengujian yang dilakukan secara ekstrim ini tidak bisa dilakukan secara terus menerus. Ketika pengujian pada subjek kedua, saat pengulangan ke 2, terjadi penurunan kemampuan dari aktuator, setelah diselidiki ternyata aktuator menjadi *overheat* sehingga kemampuannya menurun bahkan hingga berhenti. Sehingga pengujian baru bisa dilanjutkan ketika aktuator sudah kembali dingin.

Kesimpulan pada pengujian ini adalah, aktuator sudah mampu menjalankan mekanisme perubahan ketinggian dengan baik, dengan durasi perubahan ketinggian tergantung dari beban pengguna, kondisi aktuator, serta kapasitas baterai. Dalam penggunaannya tidak bisa secara terus menerus dalam rentang waktu yang terlalu berdekatan, dikarenakan ini sangat berpengaruh pada kemampuan aktuator.

4.3.4 Pengujian Proses *Lifting* dan Kenyamanan

Pengujian *lifting* dilakukan dengan melakukan simulasi ketika pengguna kursi roda sedang duduk di sofa, dan mengharuskan pengguna naik ke kursi roda tanpa harus berdiri terlebih dahulu. Hal yang dilakukan pertama adalah membuka dudukan kursi roda ke arah berlawanan untuk memberikan ruang penggunanya masuk ke kursi roda.



Gambar 4-10 Simulasi *lifting* kondisi awal

Setelah dudukan kursi terbuka, maka kursi roda dapat didorong mendekati pengguna, dan menempatkan kaki pengguna pada alas kaki.



Gambar 4-11 Simulasi *lifting* kondisi 2

Ketika pengguna sudah berada di dalam dudukan, langkah selanjutnya adalah menutup kembali dudukan dan juga memberi bantuan pengguna kursi roda untuk duduk dengan nyaman.



Gambar 4-12 Simulasi *lifting* kondisi 3

Setelah pengguna duduk, kunci dudukan agar dudukan tidak bergerak, kemudian kursi roda sudah dapat ditarik untuk berpindah tempat.



Gambar 4-13 Simulasi *lifting* kondisi akhir

Berdasarkan hasil simulasi proses *lifting* yang telah dilakukan, penulis meminta kepada subjek pengujian untuk memberi penilaian terhadap kemudahan proses *lifting* dengan penilaian sebagai berikut:

- 1 = Sulit
- 2 = Cukup sulit
- 3 = Cukup mudah
- 4 = Sangat mudah

Sehingga didapati hasil penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 4-4 Penilaian Kemudahan Proses *Lifting*

No	Nama	Usia	Penilaian Kemudahan
1	Rahman	22	4
2	Irvan	22	4
3	Alif	22	4
4	Hendra	23	4
5	Ari	23	4
6	Widodo	60	3
7	Mardini	66	3
8	Sudiyono	63	3

Terdapat perbedaan nilai yang diberikan oleh subjek usia muda dan lansia, dimana untuk lansia secara keseluruhan memberikan nilai 3, sedangkan untuk

subjek dengan usia muda memberikan nilai 4. Pada lansia, hal yang menjadi keluhan adalah adanya perbedaan ketinggian antara alas duduk dengan rangka kursi roda yang bersentuhan langsung dengan kasur. Ketika rangka kursi roda sudah bersentuhan dengan kasur, alas duduk menjadi sedikit lebih tinggi dari kasur, sehingga masih memerlukan tenaga untuk mengangkat tubuh atau perlu untuk diberi bantuan mengangkat oleh orang lain, sehingga subjek berpendapat bahwa proses *lifting* belum bisa mendapatkan penilaian “Sangat Mudah”.

Kemudian dalam hal kenyamanan ketika digunakan atau dapat dikatakan ketika duduk di kursi roda, untuk subjek lansia dalam kondisi berpakaian mengeluhkan alas dudukan yang terlalu keras dan pada tepi lubang alas duduk sedikit sakit karena sudut-sudutnya tidak dibuat tumpul (*fillet*). Pada subjek usia muda dalam kondisi berpakaian, untuk penggunaan dalam jangka waktu tidak lama akan terasa nyaman, namun setelah beberapa lama akan terasa sakit pada bagian tepi lubang alas duduk seperti yang dialami oleh lansia. Penulis sendiri melakukan pengujian penggunaan kursi roda tanpa berpakaian dan pengujian ketika menggunakan jet shower toilet.

Untuk kenyamanan duduk saat tidak berpakaian, memang pada sudut-sudut lubang alas duduk terasa sakit apabila bersentuhan dengan kulit langsung dan dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan untuk penggunaan jet shower toilet, masih dapat digunakan dengan baik seperti penggunaan biasa.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dirancang kursi roda toilet dengan mekanisme pengubah ketinggian dengan menggunakan *linear actuator* serta proses *lifting* yang mudah dengan menerapkan mekanisme engsel pada dudukan kursi roda.
2. Kursi roda sudah dapat digunakan untuk mengangkat pengguna dari posisi paling rendah hingga posisi tertinggi. Perbedaan durasi signifikan terdapat pada saat pengujian naik, beban pengguna, kondisi aktuator, dan kapasitas baterai menjadi faktor penentu berapa durasi yang dihasilkan. Sedangkan untuk durasi turun cenderung tidak ada perbedaan jauh antar variasi beban. Proses *lifting* tanpa mengharuskan penggunanya berdiri terlebih dahulu sudah berhasil dilakukan dengan hasil penilaian bahwa proses *lifting* sudah memudahkan lansia untuk menggunakan kursi roda.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat penulis berikan:

1. Pada mekanisme perlu adanya perbaikan dengan menerapkan prinsip *linear guide* pada mekanisme pengubah ketinggian *linear actuator* agar bisa lebih minim gesekan sehingga tidak membuat aktuator menjadi cepat panas dan agar bisa digunakan dalam interval waktu yang dekat.
2. Alas duduk sebaiknya dibuat agar bisa menempel sempurna dengan kasur atau tidak ada perbedaan ketinggian ketika akan menggunakan di kasur agar memudahkan proses *lifting* lansia.
3. Penambahan material empuk diperlukan pada alas duduk agar tidak terasa terlalu keras ketika digunakan.
4. Sudut pada alas duduk sebaiknya diberikan sentuhan *fillet* atau pemberian karet agar tidak terasa sakit saat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ady, W. A. G. (2011). *PENGEMBANGAN DESAIN KURSI RODA KHUSUSNYA PADA LANSIA BERDASARKAN CITRA (IMAGE) PRODUK DENGAN METODE KANSEI ENGINEERING*. Universitas Sebelas Maret.
- Akhil, C., Irfan, M., Shabeeb, M., M, R. R., & Sameel, M. (2021). *Design and Manufacturing of Multipurpose Wheelchair*. 9(6).
- Hamidah, & Wrastari, A. T. (2012). *Studi Eksplorasi Successful Aging melalui Dukungan Sosial bagi Lansia di Indonesia dan Malaysia*. Universitas Airlangga.
- Lamada, Muh. Abd. R. (2020). *Perancangan Kursi Roda Untuk Pasien Stroke*. Universitas Islam Indonesia.
- Mori, Y., Sakai, N., & Katsumura, K. (2012). Development of a Wheelchair with a Lifting Function. *Advances in Mechanical Engineering*, 4, 803014. <https://doi.org/10.1155/2012/803014>
- Nadadur, G., & Parkinson, M. B. (2013). The role of anthropometry in designing for sustainability. *Ergonomics*, 56(3), 422–439. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718801>
- Rosidi, M. I. (2019). *PERANCANGAN JIG FIT-UP FABRIKASI VERTICAL LADDER KAPAL TONGKANG*. 115.
- Santrock, J. W. (2011). *Life-span development* (13th ed). McGraw-Hill Higher Education.

- Sarvia, E., Wianto, E., Yudianto, W., Apriyani, P., & Benjamin da Costa, G. (2021). *Basis Data Antropometri untuk Skrining Awal Status Kesehatan Lansia*.
- van Drongelen, S., van der Woude, L. H. V., & Veeger, H. E. J. (2011). Load on the shoulder complex during wheelchair propulsion and weight relief lifting. *Clinical Biomechanics*, 26(5), 452–457.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.01.006>
- Wignjosuebrotto, S. (2008). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya.
- Yu, S. (2012). *Chang'an Avenue and the modernization of Chinese architecture* (First [edition]). University of Washington Press.



LAMPIRAN 1

