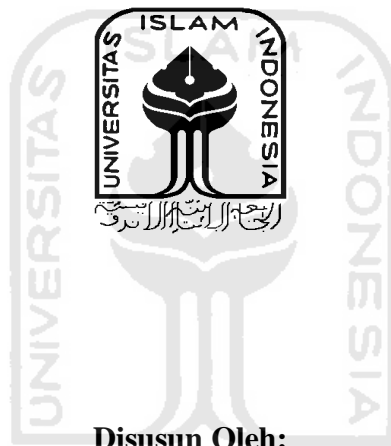


**PERANCANGAN MEKANISME FITUR BERDIRI PADA  
KURSI RODA ELEKTRIK**

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh:**

**Nama : ASZUL KIFRUN**

**No. Mahasiswa : 15525076**

**NIRM : 2015060547**

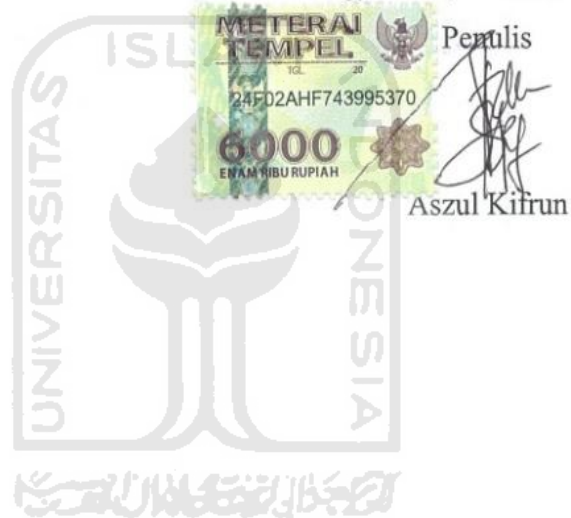
**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini merupakan hasil kerja saya sendiri yang sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya maupun tulisan yang diterbitkan oleh orang lain, terkecuali kutipan dan referensi yang secara tertulis telah saya jelaskan setiap sumbernya. Apabila dikemudian hari pernyataan saya tidak benar dan melanggar hak kekayaan intelektual, saya bersedia menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 18 Oktober 2020



**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN MEKANISME FITUR BERDIRI PADA KURSI  
RODA ELEKTRIK**

**TUGAS AKHIR**



**Disusun Oleh:**

**Nama : ASZUL KIFRUN**

**No. Mahasiswa : 15525076**

**NIRM : 2015060547**

Yogyakarta, 19 Oktober 2020

Pembimbing I,

Dr. Eng. Risdiono, S.T., M.Eng.

Pembimbing I,

Donny Suryawan, S.T., M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PERANCANGAN MEKANISME FITUR BERDIRI PADA  
KURSI RODA ELEKTRIK**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : ASZUL KIFRUN**

**No. Mahasiswa : 15525076**

**NIRM : 2015060547**

Tim Penguji


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

Ketua

  
Tanggal : 9 November 2020

Purtojo, S.T., M.Sc.

Anggota I

  
Tanggal : 9 November 2020

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.

Anggota II

  
Tanggal : 9 November 2020

Mengetahui

Kepala Jurusan Teknik Mesin



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Saya persembahkan hasil Tugas Akhir ini kepada kedua orang tua saya. Ibu dan Ayah saya tercinta, Siti Mariana dan La Tifu yang selalu memberi dukungan dan selalu mendoakan saya. Kalian adalah orang tua paling hebat didunia dan sosok paling berharga bagi saya.

Kakak saya Ashabur dan Aswandri, serta adik saya yang cantik Novia Martin dan Nelsya Martin.

Serta seluruh keluarga besar saya yang telah mendukung saya.

Teman-teman Teknik Mesin 2015, serta Hayyu, Torus, Hanif, dan lainnya yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu dituliskan ini. Terima kasih sudah ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Torus, Hanif, Ichwanul, dan Haidir yang sudah ikut dalam kelompok Tugas Akhir di Thailand.

Teman-teman sederah saya khususnya Bang Alfian yang sudah membimbing saya dari berbagai macam segi dan aspek kehidupan.

Serta saya dedikasikan kepada seluruh pengajar di Jurusan Teknik Mesin khususnya Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. yang sudah membimbing saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini serta memberikan saya kesempatan untuk dapat berpartisipasi dalam kelompok Tugas Akhir di Thailand.

## HALAMAN MOTTO

Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.  
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.

- **QS. Al Insyirah 5-6**

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.

- **QS. Al Baqarah 286**

Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya.

- **HR. Ahmad**

Ilmu tanpa Agama buta, Agama tanpa Ilmu lumpuh.

- **Albert Einstein**



## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



Alhamdulillah rabbil alamin. Saya bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridho Nya untuk dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PERANCANGAN MEKANISME FITUR BERDIRI PADA KURSI RODA ELEKTRIK”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Adapun penulis ingin ini untuk:

1. Kedua orang tua saya tercinta yang sudah membesarkan dan merawat saya serta selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa untuk saya.
2. Segenap keluarga dan teman-teman yang telah mendukung dan mendoakan untuk keberhasilan saya.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing pertama pada penelitian ini. Terima kasih banyak atas bimbingan, saran, dan nasehatnya untuk meningkatkan kualitas dalam penelitian maupun penulisan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Dechrit Meneetham, yang merupakan asisten professor di Prodi Mekatronika, Rajamangala University of Techonology Thanyaburi (RMUTT) yang telah membimbing kami selama satu bulan dengan dorongan, kesabaran, masukkan, saran, maupun sumber daya nya, adalah suatu pengalaman yang sangat berharga bagi saya.
5. Seluruh staff pengajar maupun teman-teman mahasiswa/(i) di Prodi Mekatronika, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT) yang telah membimbing dan membantu kami, baik dalam pelaksanaan penelitian maupun kehidupan sehari-hari selama di Thailand.
6. Bapak Donny Suryawan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2 dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. Seluruh staff pengajar maupun administrasi Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman Prodi Mekatronika Universitas Sanata Dharma yang sudah membantu dalam penelitian selama di Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT).
9. Seluruh kawan-kawan saya di Prodi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan maupun kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak.



Yogyakarta, 18 Oktober 2020

Aszul Kifrun



## ABSTRAK

Tulisan ini berisi perancangan sistem kendali elektrik kursi roda dengan fitur berdiri menggunakan *rotary DC motor* sebagai aktuator untuk berpindah tempat dan *linear actuator* sebagai aktuator untuk fitur berdiri. Penelitian ini dilakukan mulai dari perancangan hingga pembuatan prototipe. Penelitian mengenai kursi roda elektrik dengan fitur berdiri ini merupakan penelitian lanjutan sebagai hasil evaluasi dari penelitian dan pembuatan prototipe oleh Faqih Huddin (2019). Versi awal perancangan dan pembuatan prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri ini mendapatkan hasil yang belum maksimal dari kinerja *linear actuator* maupun *rotary DC motor* yang digunakan. *Rotary DC motor* tidak dapat digunakan karena torsi yang dihasilkan tidak mencukupi untuk menggerakkan kursi roda. Sedangkan untuk perubahan posisi duduk-berdiri memakan waktu cukup lama yaitu 37,5 sampai 40 detik.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen tambahan yang diambil dari kursi roda elektrik biasa yaitu *joystick*, *rotary DC motor*, serta baterai. Berdasarkan hasil evaluasi penelitian sebelumnya serta analisis lanjutan pada kursi roda dengan fitur berdiri versi terbaru, peneliti kemudian menggunakan komponen elektrik dengan tipe dan spesifikasi berikut: *linear actuator* tipe LA31 dengan panjang *stroke* 200 mm dan kecepatan 8,2 mm/s, *rotary DC motor* dengan kecepatan putar 1800 RPM yang direduksi oleh *gearbox*. Dari hasil pengujian *linear actuator* dengan menggunakan variasi berat badan pengguna didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk perubahan posisi duduk-berdiri adalah 25 sampai 26 detik. Selain itu kursi roda dapat bergerak maju-mundur dan berbelok menggunakan *rotary DC motor* dari komponen kursi roda biasa.

## 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
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 Kursi Roda.....	6
2.3 Sistem Kontrol .....	6
2.4 Aktuator.....	6
2.4.1 Motor DC.....	7
2.4.2 <i>Linear Actuator</i> .....	8
2.5 Hukum I Newton dan Kesetimbangan .....	9
2.6 Torsi .....	9
Bab 3 Metode Penelitian .....	11
3.1 Alur Penelitian .....	11
3.2 Identifikasi Masalah .....	12

3.2.1	<i>Linear Actuator</i> .....	12
3.2.2	<i>Rotary DC Motor</i> .....	13
3.3	Kriteria Desain Kursi Roda .....	13
3.4	Spesifikasi Pembebanan Yang Mempengaruhi .....	14
3.4.1	Beban Yang Diterima Poros Roda.....	14
3.4.2	Beban Angkut Kerangka Untuk Posisi Duduk-Berdiri.....	15
3.5	Analisis Pembebanan .....	15
3.5.1	Analisis Struktur Untuk Gerakan Duduk-Berdiri .....	15
3.6	Komponen Kendali .....	22
3.6.1	<i>Joystick dan Handset</i> .....	23
3.6.2	<i>Rotary DC Motor</i> .....	24
3.6.3	<i>Linear actuator</i> .....	25
3.6.4	<i>Control Box dan Inverter</i> .....	26
3.6.5	Catu Daya .....	27
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	29
4.1	Hasil Perancangan Sistem Kendali .....	29
4.2	Hasil Pengujian .....	30
4.2.1	Kinerja <i>Rotary DC Motor</i> .....	30
4.2.2	Kinerja <i>Linear actuator</i> .....	30
4.3	Analisis dan Pembahasan .....	31
4.3.1	Analisis Kinerja <i>Rotary DC Motor</i> .....	31
4.3.2	Analisis Kinerja <i>Linear actuator</i> .....	31
Bab 5	Penutup.....	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya .....	34
	Daftar Pustaka.....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Penelitian Mengenai Pengembangan Kursi Roda Elektrik.....	5
Tabel 3- 1 Hasil Pengujian Kinerja <i>Linear Actuator</i> Penelitian Sebelumnya .....	12
Tabel 4- 1 Hasil Pengujian Kinerja <i>Linear Actuator</i> .....	30
Tabel 4-2 Hasil Pengujian Kinerja <i>Linear actuator</i> Penelitian Sebelumnya .....	32
Tabel 4- 3 Hasil Pengujian <i>Linear actuator</i> Penelitian Ini.....	32



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 <i>Motor DC</i> Sederhana .....	7
Gambar 2- 2 Mekanisme <i>Linear Actuator</i> .....	8
Gambar 3- 1 Alur Penelitian.....	11
Gambar 3- 2 <i>DC Motor</i> (Huddin, 2019).....	13
Gambar 3- 3 Desain Kerangka Kursi Roda Dengan Fitur Berdiri .....	14
Gambar 3- 4 Kerangka Dudukan .....	15
Gambar 3- 5 Posisi Pemasangan <i>Linear Actuator</i> .....	16
Gambar 3- 6 Struktur <i>Link</i> dan <i>Joint</i> .....	16
Gambar 3- 7 Posisi Berdiri Sudut 45° .....	19
Gambar 3- 8 Struktur <i>Link</i> Saat Posisi Berdiri 45°.....	20
Gambar 3- 9 Komponen Yang Diambil Dari Kursi Roda Elektrik Biasa .....	22
Gambar 3- 10 <i>Joystick</i> dan <i>Handset</i> .....	23
Gambar 3- 11 <i>Rotary DC Motor</i> .....	24
Gambar 3- 12 <i>Linear actuator</i> .....	25
Gambar 3- 13 <i>Control Box</i> .....	26
Gambar 3- 14 <i>Inverter</i> .....	27
Gambar 3- 15 Aki Kering .....	27
Gambar 3- 16 Rangkaian Seri.....	28
Gambar 4- 1 Skema Sistem Kendali Kursi Roda Elektrik .....	29

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kursi roda merupakan alat bantu yang digunakan oleh orang yang memiliki keterbatasan dalam bergerak khususnya pada tubuh bagian bawah. Keterbatasan ini dapat disebabkan oleh cacat sejak lahir maupun karena cedera maupun penyakit yang menyerang manusia. Kursi roda telah digunakan oleh beberapa orang dikarenakan ketidakmampuannya untuk melakukan rutinitas sehari-hari bagi orang-orang dengan tubuh normal, seperti berdiri, berjalan dan berlari, serta aktifitas lainnya (Abdul Ghani & Tokhi, 2016).

Kemampuan untuk berdiri dan berpindah merupakan hal yang penting. Beberapa penderita difabel maupun orang yang mengalami *paraplegia* karena SCI (*Spinal Cord Injury*) pertanyaan yang akan timbul dari mereka adalah “bisakah saya berdiri?”. Sayangnya secara normal jawabannya adalah “tidak”. Hal ini tidak sepenuhnya benar karena dengan bantuan alat seperti penyangga bisa digunakan. Tetapi, alat ini cukup menguras energi dan membuat pergerakannya lambat, serta tidak dapat digunakan oleh semua penyandang difabel ataupun *paraplegia*. Sehingga para penderita biasanya menggunakan kursi roda sebagai alat bantu. Sayangnya hal ini menyebabkan penderita difabel dan *paraplegia* lebih banyak menghabiskan waktunya dengan posisi duduk (Churchward, 1985).

Diketahui bersama bahwa berdiri memiliki manfaat bagi para penyandang difabel dan penderita *paraplegia*. Secara umum dengan berdiri akan membantu para penyandang difabel maupun *paraplegia* secara mental tentang bagaimana posisi tubuh mampu berdiri. Selain itu berdiri juga membantu memelihara tulang dan otot kaki dalam hal tertentu, meningkatkan fungsi organ dalam perut dan sirkulasi cairan tubuh, serta mencegah infeksi saluran kemih. Walaupun dengan begitu banyak manfaat yang didapatkan dengan berdiri, banyak penderita tetap tidak melakukan hal ini. Ini dikarenakan waktu dan usaha yang dibutuhkan dari posisi biasa sampai menggunakan alat penyangga cukup besar,

serta khususnya saat berdiri mereka tidak dapat berpindah tempat dengan leluasa (Churchward, 1985).

Karena latar belakang tersebut pada tahun 2018, Surya Alhadi mengangkat penelitian mengenai kursi roda elektrik dengan fitur berdiri yang masih berupa teori pembuatan kursi roda berdiri. Pada tahun 2019 Faqi Huddin kemudian melanjutkan penelitian ini dengan membuat prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri. Namun dari prototipe yang dibuat tersebut terdapat beberapa kekurangan pada desain maupun sistem kendali elektrik. Oleh karena itu, pada penelitian ini mencoba untuk mengembangkan kursi roda elektrik dengan fitur berdiri.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perlu dirumuskan masalah-masalah sebagai berikut:

Bagaimanakah mengembangkan desain dan meningkatkan kinerja kursi roda elektrik dari sisi elektrik maupun mekanik?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk tim dengan membagi penelitian pada sisi elektrik dan sisi mekanik.
2. Pembahasan penelitian ini mengenai mekanisme fitur berdiri pada kursi roda elektrik.
3. Beberapa komponen kendali yang akan digunakan merupakan modifikasi/penyesuaian kendali dari komponen kursi roda elektrik biasa (CAREINDO).
4. Pemilihan komponen yang akan digunakan pada kursi roda elektrik dengan fitur berdiri.
5. Menyusun k kendali kursi roda elektrik dengan fitur berdiri.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pengembangan desain dan peningkatan kinerja kursi roda elektrik dari sisi elektrik maupun mekanik.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Dapat meningkatkan kualitas hidup para difabel.
2. Dapat membantu para penyandang difabel baik dalam berkegiatan, maupun moral.
3. Dapat dibuat dalam skala besar untuk dapat dipasarkan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada penelitian ini menggunakan sistematika sebagai berikut:

- |       |   |
|-------|---|
| BAB 1 | PENDAHULUAN   |
|       | Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. |
| BAB 2 | TINJAUAN PUSTAKA  |
|       | Berisikan kajian pustaka serta teori-teori yang digunakan pada penelitian ini.  |
| BAB 3 | METODE PENELITIAN   |
|       | Berisikan tahapan-tahapan dalam penelitian ini serta perhitungan yang dibutuhkan dalam penelitian ini.                  |
| BAB 4 | ANALISA DAN PEMBAHASAN  |
|       | Berisi data hasil pengujian serta analisa dari pengujian yang telah dilakukan.  |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN  |



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai pengembangan kursi roda dengan menggunakan komponen elektrik maupun menambahkan fitur pada kursi roda sudah pernah dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian menggunakan komponen elektrik dengan tujuan untuk mempermudah pengguna dalam memobilisasi dirinya sendiri tanpa bantuan orang lain.

Penelitian untuk dapat mengendalikan kursi roda dengan sistem otomasi pernah dilakukan sebelumnya. Salah satu penelitian dilakukan oleh Aswin dan Juliansyah (Aswin & Juliansyah, 2011), dengan menggunakan Arduino ATmega 32 sebagai mikrokontroler yang dikendalikan langsung oleh pengguna dengan *push button*. Seiring perkembangan teknologi di industri pelayanan medis, peningkatan mobilitas adalah salah satu tantangan khususnya untuk membantu para manula dan penderita difabel.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Surya Alhadi (Alhadi, 2018), membahas mengenai kajian awal pengembangan desain kursi roda dengan fitur berdiri, yang kemudian dibuat prototipenya oleh Faqi Huddin dan Setyo Nugroho. Pada penelitian yang dilakukan oleh Faqi Huddin dan Setyo Nugroho tersebut melakukan perancangan dan pembuatan prototipe dengan menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega 32. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa kinerja kursi roda untuk berpindah tempat dan mengangkat pengguna (duduk-berdiri) masih kurang maksimal (Huddin, 2019).

Selain itu, pengembangan kursi roda elektrik juga dilakukan berdasarkan cara interaksi yang digunakan untuk mengontrol kursi roda, maupun transformasi pada kursi roda. Berikut adalah ringkasan penelitian tentang pengembangan kursi roda dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2- 1 Penelitian Mengenai Pengembangan Kursi Roda Elektrik

Peneliti	Tahun	Tentang
J.-S. Lin & C.-H. Shieh	2014	Penelitian ini mengembangkan kursi roda elektrik menggunakan sistem dasar <i>Brain-Computer-Intervace</i> (BCI) dengan platform <i>System on a Programmable Chip</i> (SOPC) dan menggunakan <i>Steady-State Visually Evoked Potentials</i> (SSVEP) melalui antarmuka <i>Bluetooth</i> . Mekanisme kerja sistem ini yaitu signal <i>electroencephalogram</i> (EEG) dapat dideteksi oleh elektroda dan chip pengurai ketika pengguna menatap sasaran dengan frekuensi tertentu. Kemudian signal dapat dirubah oleh FFT kedalam frekuensi domain dan diteruskan ke perangkat kursi roda elektrik dengan antarmuka <i>Bluetooth</i> (Lin & Shieh, 2014).
Imad Mougharbel , dkk.	2013	Pada penelitian ini kursi roda elektrik lebih ditujukan kepada penderita <i>tetraplegia</i> . Pada penelitian ini pengguna kursi roda elektrik digerakan dengan menarik dan menghembuskan udara dari mulut. Mekanisme ini dilakukan dengan menggunakan <i>fuzzy logic</i> untuk memberikan perintah ke kursi roda dari pembacaan tarikan dan hembusan udara(Mougharbel et al., 2013).
N. M. Abdul Ghani & M. O. Tokhi	2016	Penelitian yang dilakukan oleh N. M. Abdul Ghani yaitu perancangan sistem control pergerakan duduk-berdiri dari kursi roda elektrik dengan dua roda. Penelitian ini mentransformasikan kursi roda elektrik dengan empat roda saat posisi duduk menjadi dua roda untuk posisi berdiri. Untuk mempertahankan posisi berdiri dengan dua roda pada kursi roda elektrik menggunakan konsep <i>double-inverted pendulum</i> . Penelitian ini menggunakan FLC <i>controller</i> dengan memanfaatkan <i>fuzzy logic</i> untuk mengeksekusi perintah(Abdul Ghani & Tokhi, 2016).

## 2.2 Kursi Roda

Kursi roda (*wheelchair*) merupakan alat yang digunakan untuk membantu pengguna yang memiliki keterbatasan pergerakan agar dapat bergerak berpindah tempat. Pengguna kursi roda sering kali digunakan oleh para penyandang cacat fisik (khususnya penyandang cacat kaki), orang tua (manula), penderita *paraplegia*, dan lainnya (Mawardi & Lianda, 2018).

Saat ini terdapat banyak tipe kursi roda yang tersedia di pasaran yang didesain berdasarkan perbedaan bentuk dan fungsinya. Selain itu kursi roda juga digunakan untuk kegiatan olahraga. Kursi roda dibagi menjadi dua jenis, yaitu kursi roda manual dan kursi roda elektrik. Kursi roda manual dibagi menjadi kursi roda *standard* dan *sport wheelchair*. Kursi roda elektrik sendiri dibagi menjadi beberapa model, antara lain *traditional*, *platform*, dan *round base model* (Batan, 2006).

## 2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol (*control system*) merupakan suatu kumpulan cara atau metode yang dipelajari dari kebiasaan-kebiasaan manusia dalam bekerja, dimana manusia membutuhkan suatu pengamatan kualitas dari apa yang telah mereka kerjakan sehingga memiliki karakteristik sesuai yang diharapkan pada mulanya (Triwiyatno, 2010). Sistem kontrol berperan penting dalam perkembangan teknologi sebagai suatu cara untuk mempermudah dan mengefisienkan kerja yang semula dilakukan secara manual oleh manusia sehingga dapat bekerja secara otomatis.

## 2.4 Aktuator

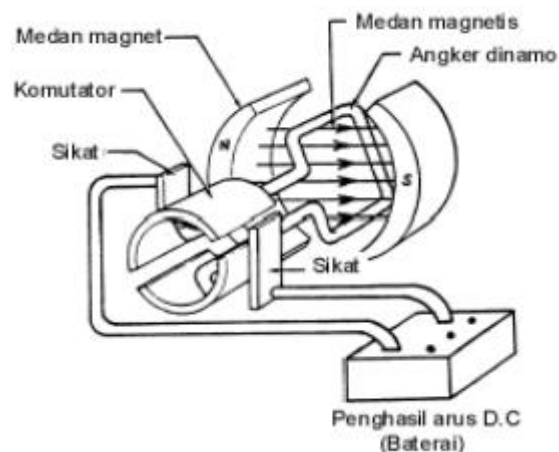
Aktuator merupakan sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram. Aktuator juga merupakan elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya, misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik yang menghasilkan

gaya gerak(Wicaksono et al., n.d.). Pada pengaplikasiannya aktuator terdiri dari beberapa macam, beberapa diantaranya adalah motor DC dan linear actuator.

### 2.4.1 Motor DC

Motor DC (motor arus searah) adalah peranti yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis berupa gerak rotasi. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Motor DC menggunakan arus langsung yang tidak langsung (direct-undirectional).

Pada pengoperasiannya motor DC terdiri dari bagian yang diam dan bagian yang bergerak. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluks magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat. Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah –ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



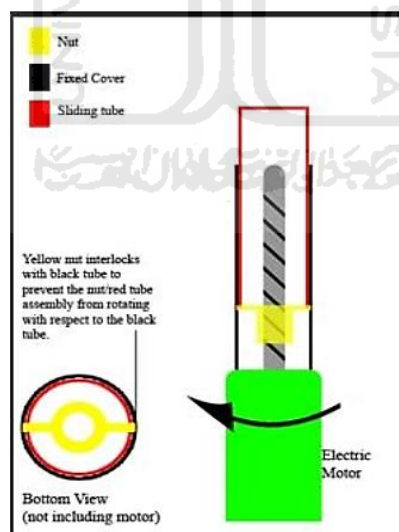
Gambar 2-1 Motor DC Sederhana

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada **Gambar 2-1** disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar diantara medan magnet.

### 2.4.2 *Linear Actuator*

Elektrik *linear actuator* adalah perangkat yang mengkonversikan gerak rotasi dari elektrik motor ke gerak linear (gerakan dorong dan Tarik). Elektrik linear actuator dapat digunakan dimanapun baik itu mesin mendorong ataupun menarik beban, menaikkan atau menurunkan beban, secara kasar memposisikan beban, atau memutar beban (Mueller & Pocock, 2016).

Saat ini, *linear actuator* secara umum digunakan pada berbagai macam aplikasi dan menjadi bermanfaat dibanyak area, terutama di bidang industri seperti transportasi, manufaktur, dan robotik (Krishnan & Hong Sun Lim R, 2008). Sistem pergerakan untuk mengangkat dudukan pada penelitian ini menggunakan *linear actuator* karena sangat mudah untuk digunakan dengan kemampuan untuk mengangkat beban dari yang ringan sampai yang berat.



**Gambar 2- 2** Mekanisme *Linear Actuator*

Seperti yang dilihat pada **Gambar 2-2** cara kerja *linear actuator* adalah menggunakan sebuah motor yang memutar *drive screw* yang dihubungkan dengan sabuk penggerak. Beberapa aktuator linear juga dapat menggunakan penggerak atau *worm gear* secara langsung. Cara lain, memutar sekrup akan mendorong mur

untuk bergerak disepanjang sekrup yang kemudian mendorong batang kearah luar dan putaran sekrup kearah yang berlawanan akan menarik kembali batang kearah dalam(Nasar & Boldea, 2001).

## 2.5 Hukum I Newton dan Kesetimbangan

Gaya dapat menyebabkan perubahan pada benda, yaitu perubahan bentuk, sifat gerak benda, kecepatan, dan arah gerak benda. Hukum I Newton menyatakan bahwa: *“Setiap benda tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak dengan laju tetap sepanjang garis lurus, kecuali jika diberi gaya total yang tidak nol”*. Hukum pertama Newton menyatakan bahwa sebuah benda dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan kecuali ada gaya eksternal yang bekerja pada benda itu.

Kesetimbangan adalah suatu kondisi benda dengan resultan gaya dan resultan momen gaya sama dengan nol. Ada dua kondisi yang harus dipenuhi oleh sebuah benda untuk dapat mencapai keadaan kesetimbangan statis. Pertama benda tersebut harus dalam kesetimbangan translasi yang berarti bahwa vektor resultan dari semua gaya yang bekerja pada benda harus sama dengan nol. Kondisi yang lain adalah harus dalam kesetimbangan rotasi yang berarti bahwa jumlah torsi arah jarum jam sekitar sumbu putarnya harus sama dengan jumlah torsi yang berlawanan arah dengan jarum jam sekitar sumbu putar. Adapun kesetimbangan harus memenuhi beberapa syarat berikut(Trisnowati et al., 2017):

$$\sum F = 0 \rightarrow \sum F_x = 0 \text{ dan } \sum F_y = 0 \quad (2.1)$$

Adapun  $\sum F$  merupakan jumlah gaya, yang diuraikan dalam  $\sum F_x$  yang merupakan jumlah gaya arah sumbu x, dan  $\sum F_y$  yang merupakan jumlah gaya arah sumbu y.

## 2.6 Torsi

Torsi didefinisikan sebagai efek putaran sekitar sumbu putar oleh akibat beberapa gaya. Jarak tegak lurus dari pusat putaran terhadap garis gaya aksi disebut dengan lengan gaya. Torsi didefinisikan sebagai(Trisnowati et al., 2017):

$$\tau = F \times L \quad (2.2)$$

Yang mana,  $\tau$  merupakan torsi dalam N.m (Newton-meter), F merupakan gaya dalam N (Newton) dan L merupakan lengan gaya dalam m (meter).

Selain itu, torsi juga dapat diketahui melalui hubungan daya dan jumlah putaran motor per menit yang didefinisikan sebagai:

$$\tau = \frac{(5252 \times P)}{N} \quad (2.3)$$

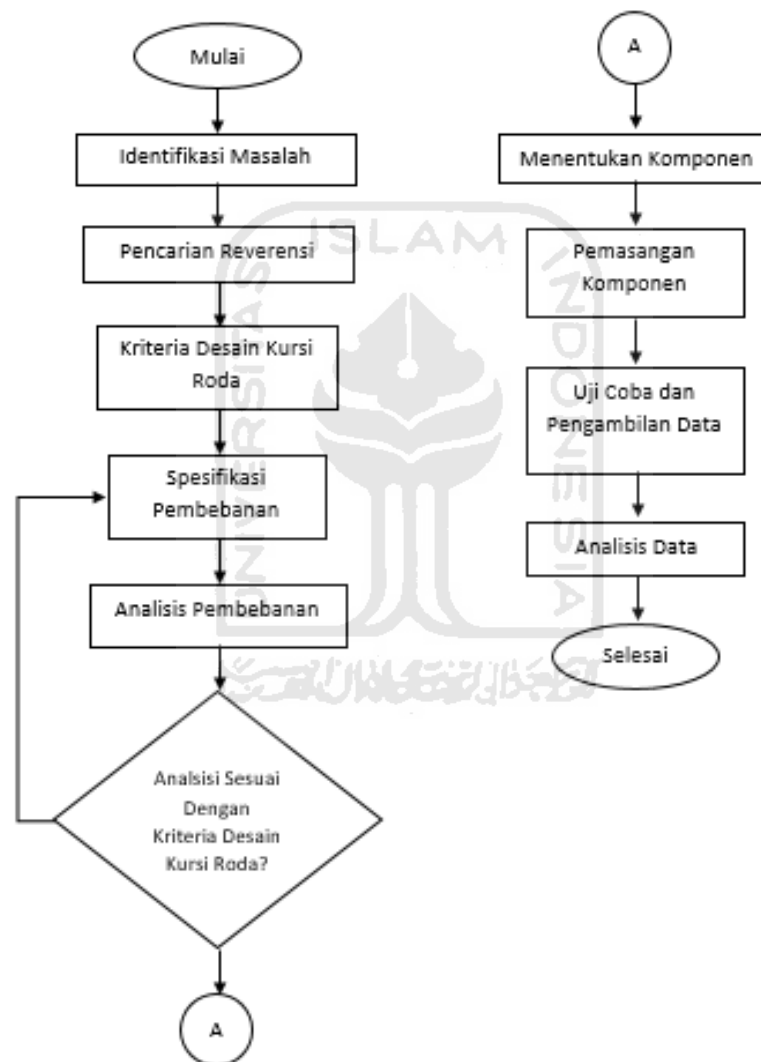
Yang mana, 5252 merupakan ketetapan (konstanta) untuk daya dalam satuan HP (*Horse Power*), P merupakan daya dalam HP (*Horse Power*), N merupakan jumlah putaran per menit dalam RPM (*Revolutions Per Minute*).



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian untuk mempermudah dalam melakukan penelitian, penulis membuat alur penelitian seperti pada **Gambar 3-1** berikut.



**Gambar 3- 1 Alur Penelitian**



## 3.2 Identifikasi Masalah

Pada penelitian ini, langkah pertama adalah menentukan permasalahan komponen sistem kendali elektrik yang terdapat pada prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri pada penelitian sebelumnya.

### 3.2.1 *Linear Actuator*

Pada pengujian prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri pada penelitian sebelumnya dengan variasi beban pengguna dapat dilihat pada **Tabel 3.1** berikut.

**Tabel 3- 1 Hasil Pengujian Kinerja *Linear Actuator*  
Penelitian Sebelumnya**

No.	Nama	Massa (kg)	Waktu (s)		Delay (s)
			Naik	Turun	
1.	Dowy Pratama	65	38	38	5
2.	Gustian Heroito	80	40	38	5
3.	Ameliana Risky	60	37.5	37.5	5
4.	Luthfi Yudistira	73	38	38	5
5.	Syarifudin	67	37.5	37.5	5
6.	Dzulfikar	70	38	38	5
7.	Novandra Satrio	78	38	38	5
8.	Reza Perdana	75	38	38	5

Dari hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 3-1**, waktu tempuh prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri untuk melakukan posisi duduk-berdiri paling cepat adalah 37,5 detik dan paling lama adalah 40 detik. Pada kursi roda elektrik dengan fitur berdiri yang sudah beredar dipasaran, rata-rata lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan duduk-berdiri berkisar antara 20 detik sampai 30 detik. Adapun pada prototipe yang dibuat oleh Faqih Huddin lama waktu untuk melakukan gerakan duduk-berdiri masih cukup lama. Hal ini disebabkan karena spesifikasi *linear actuator* yang kurang sesuai.

### 3.2.2 Rotary DC Motor

Pada penelitian yang dilakukan oleh Faqih Huddin (2019) *rotary DC motor* yang dipakai tidak dapat digunakan. Salah satu penyebabnya yaitu terjadi masalah pada komponen elektrik yang menyebabkan komponen terbakar. Selain itu diperkirakan karena torsi motor yang digunakan masih kurang cukup besar untuk menggerakkan prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri.



Gambar 3- 2 DC Motor(Huddin, 2019)

Pada prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri penelitian sebelumnya, menggunakan *rotary motor* yang terhubung langsung dengan poros roda tanpa menggunakan *gearbox*. DC motor yang digunakan pada prototipe tersebut memiliki torsi sebesar 4.2258 Nm dengan tegangan kerja 12 volt, untuk memenuhi kebutuhan torsi sebesar 41.16 Nm.

### 3.3 Kriteria Desain Kursi Roda

Setelah mengidentifikasi permasalahan pada prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri penelitian sebelumnya, kemudian menentukan kriteria desain yang akan digunakan untuk prototipe yang akan dibuat. Adapun kriteria yang digunakan untuk prototipe yang akan dibuat yaitu

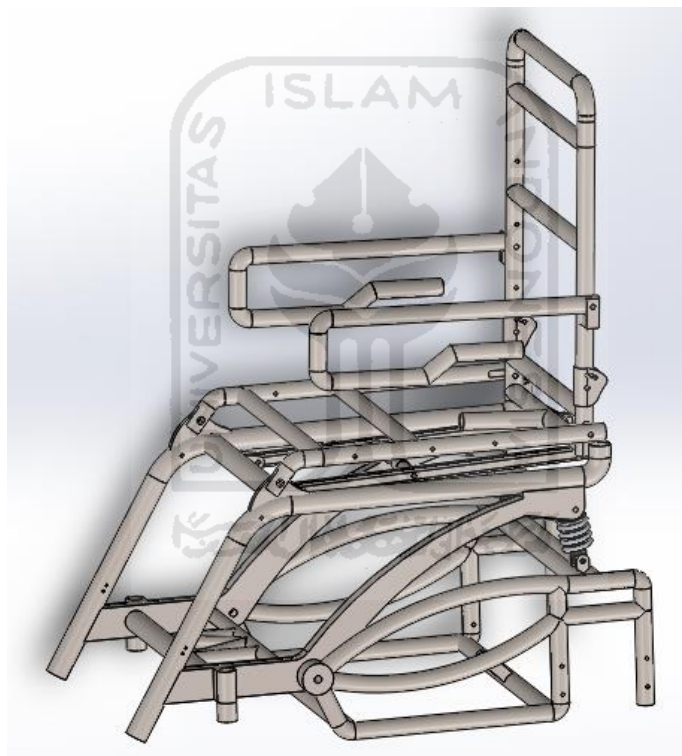
1. Kursi roda dapat berpindah posisi dan mampu melakukan gerakan duduk-berdiri untuk pengguna dengan massa 65 kg.
2. Dapat melakukan gerakan duduk ke berdiri dan sebaliknya dengan waktu kurang dari 30 detik.

### 3.4 Spesifikasi Pembebanan Yang Mempengaruhi

Sebelum menganalisis komponen sistem kendali yang akan digunakan, terlebih dahulu perlu ditentukan beban yang diterima sebagai tolak ukur dalam menganalisis.

#### 3.4.1 Beban Yang Diterima Poros Roda

Beban yang diterima pada poros roda merupakan total beban dari massa pengguna, massa komponen elektrik yang digunakan, dan massa kerangka kursi roda. Untuk massa pengguna diasumsikan sebagai massa tubuh orang dewasa sebesar 65 kg. Sedangkan massa komponen elektrik diasumsikan sebesar 20 kg.



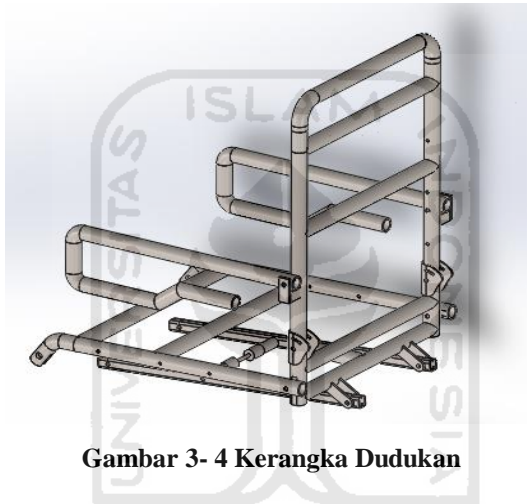
**Gambar 3- 3 Desain Kerangka Kursi Roda Dengan Fitur Berdiri**

Parameter massa kerangka kursi roda berdasarkan analisis massa menggunakan *software* SolidWorks 2017 dengan asumsi material yang digunakan adalah 316L *Stainless Steel*. Penggunaan material *stainless steel* ini bertujuan untuk memberikan struktur yang kuat namun ringan yang kekuatan materialnya sudah diuji menggunakan *software* SolidWorks 2017. Untuk tipe *stainless steel* yang digunakan adalah 316L merupakan tipe yang sering beredar dipasaran.

Berdasarkan analisis massa menggunakan *software* SolidWorks 2017, massa kerangka kursi roda dengan fitur berdiri pada penelitian ini adalah 40 kg.

### 3.4.2 Beban Angkut Kerangka Untuk Posisi Duduk-Berdiri

Untuk menggerakkan pengguna dari posisi duduk ke berdiri atau sebaliknya, maka perlu diketahui kemungkinan besar beban yang akan diterima. Bagian yang akan digerakan untuk posisi duduk-berdiri merupakan kerangka dudukan. Maka beban yang akan diterima merupakan massa dari kerangka dudukan pada kursi roda dan massa pengguna. Massa pengguna diasumsikan sebesar 65 kg. Adapun massa kerangka dudukan adalah sebesar 15 kg.



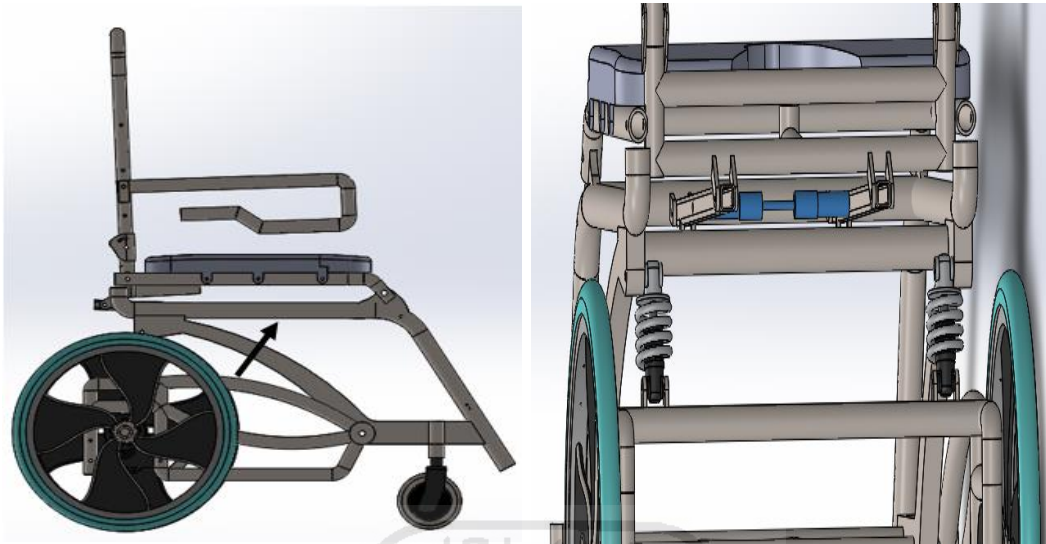
Gambar 3- 4 Kerangka Dudukan

## 3.5 Analisis Pembebanan

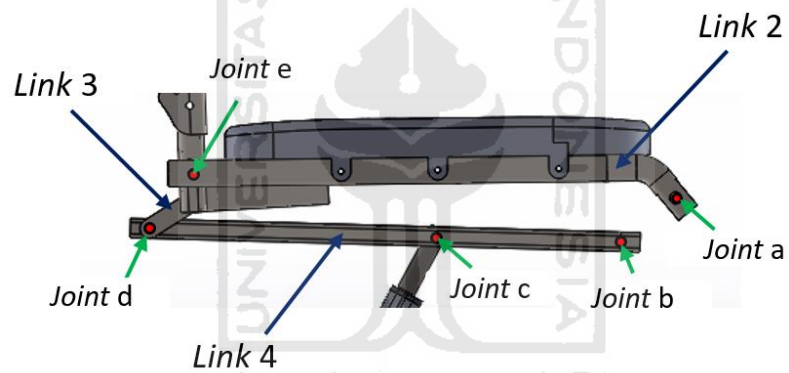
### 3.5.1 Analisis Struktur Untuk Gerakan Duduk-Berdiri

Beban minimum yang diterima untuk melakukan gerakan duduk-berdiri dapat diketahui melalui analisis statik pada struktur desain menggunakan hukum kesetimbangan. Dengan mengetahui beban minimum yang diterima dapat diketahui kekuatan minimal yang dibutuhkan oleh *linear actuator*, dengan asumsi massa pengguna sebesar 65kg serta massa kerangka dudukan 15kg. Analisis dilakukan dengan menghitung besar beban yang diterima saat posisi duduk dan bergerak dari posisi duduk ke berdiri untuk mengetahui saat posisi manakah *linear actuator* mendapat beban paling besar. Diagram gaya bebas (FBD) dapat dibuat

menggunakan desain yang telah dibuat menggunakan *software* SolidWorks, dengan posisi pemasangan *linear actuator* dapat dilihat pada **Gambar 3-6**.



**Gambar 3-5** Posisi Pemasangan *Linear Actuator*

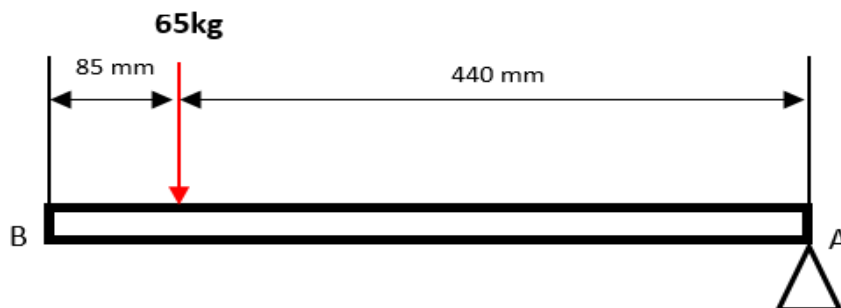


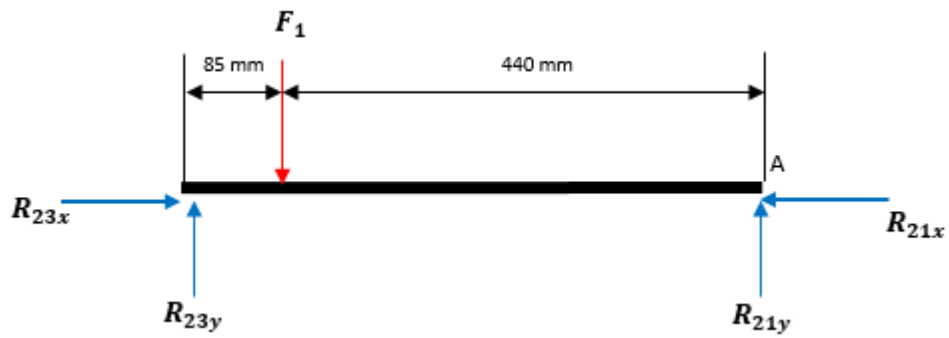
**Gambar 3-6** Struktur *Link* dan *Joint*

**Gambar 3-7** merupakan struktur *link* dan *joint* dudukan kursi roda saat posisi duduk. Berikut adalah analisis beban pada *link* 2, 3, dan 4.

**Link 2**

**FBD**





+

$$F_1 = m \times g$$

$$F_1 = 65 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 637 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = -637 \text{ N} + R_{23y} + R_{21y}$$

$$637 \text{ N} = R_{23y} + R_{21y}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = R_{23y}(525 \times 10^{-3} \text{ m}) - F_1(440 \times 10^{-3} \text{ m})$$

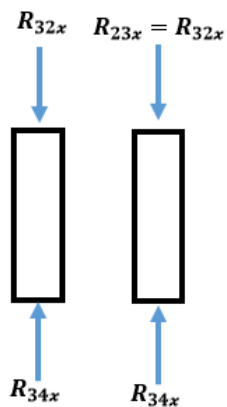
$$0 = 0.525 R_{23y} - 637 \text{ N}(0.440 \text{ m})$$

$$R_{23y} = \frac{280.28}{0.525}$$

$$R_{23y} = 533.87 \text{ N}$$

$$R_{23y} = 533.87 \text{ N}$$

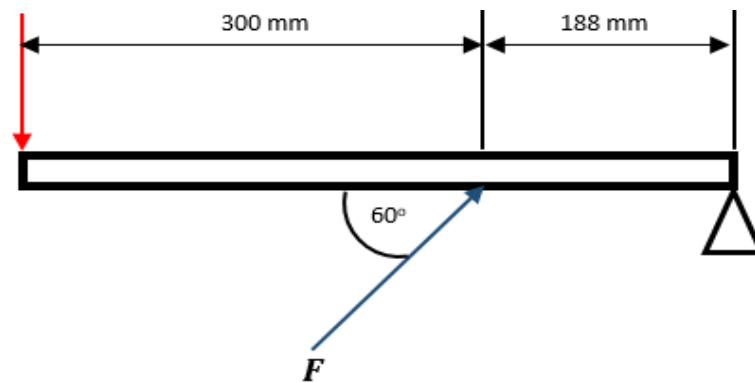
### Link 3



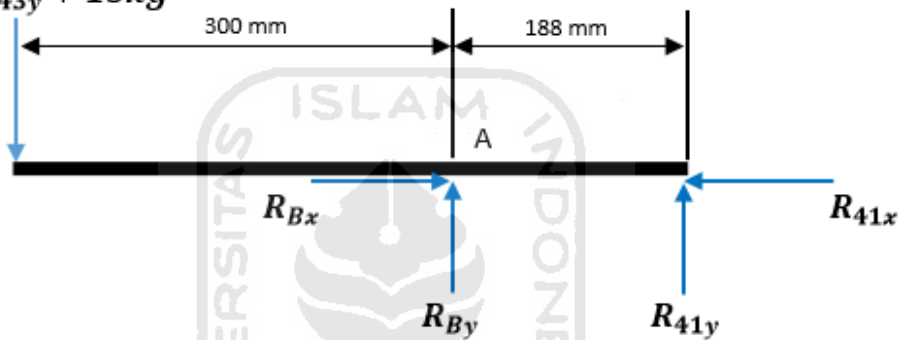
$$R_{23y} = R_{32y} = 533.87 \text{ N}$$

$$R_{32y} = R_{34y} = 533.87 \text{ N}$$

**Link 4**



$$R_{34y} = R_{43y} + 15kg$$



$$F = m \times g$$

$$F = 15 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 147 \text{ N}$$

$$R_{34y} = R_{43y} = 533.87 \text{ N} + 147 \text{ N} = 680.87 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = -680.87 \text{ N} + R_{By} + R_{41y}$$

$$680.87 \text{ N} = R_{By} + R_{41y}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = R_{By}(188 \times 10^{-3} \text{ m}) - R_{43y}(488 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$0 = 0.188 R_{By} - 680.87 \text{ N}(0.488 \text{ m})$$

$$R_{By} = \frac{332.269}{0.188}$$

$$R_{By} = 1767.36 \text{ N}$$

Besar gaya arah F saat kursi roda dalam posisi duduk yaitu:

$$R_{By} = F \sin 60$$

$$1767.36 \text{ N} = F \times 0.866$$

$$F = \frac{1767.36}{0.866}$$

$$F = 2040 \text{ N}$$

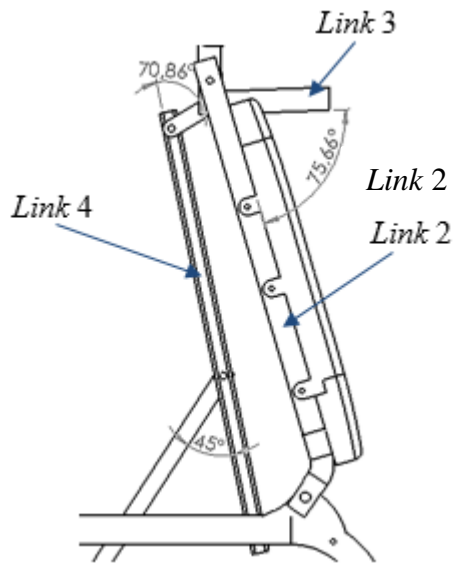
Selanjutnya analisis saat kursi roda bergerak dari duduk ke berdiri. Pada posisi duduk beban terdistribusi keseluruhan bagian tempat duduk namun saat kursi roda bergerak berdiri, beban pengguna terpusat pada sadel yang terhubung pada sandaran belakang kursi. Analisis beban saat dudukan kursi roda berada pada posisi berdiri dengan besar sudut antara *linear actuator* dan batang penghubung adalah  $45^\circ$ .

Posisi kursi roda pada saat besar sudut *linear actuator* dan batang penghubung sebesar  $45^\circ$  dapat dilihat pada **Gambar 3-7**.



**Gambar 3- 7 Posisi Berdiri Sudut  $45^\circ$**

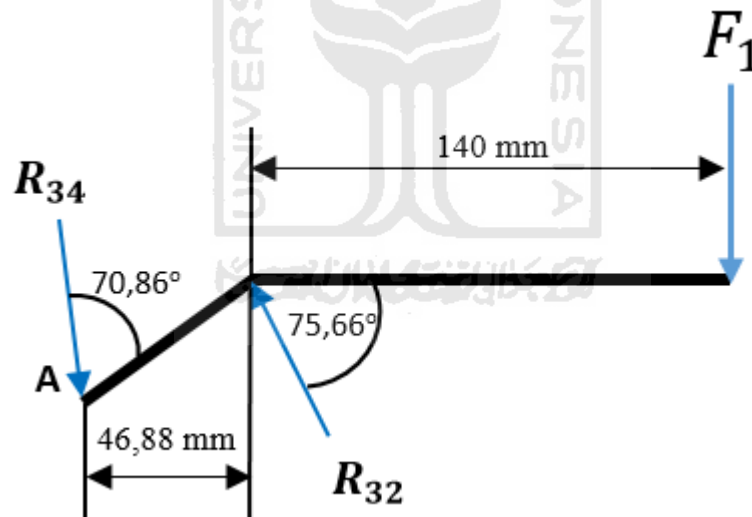




**Gambar 3- 8 Struktur Link Saat Posisi Berdiri 45°**

Sehingga distribusi tegangan pada tiap-tiap *link* saat sudut antara *linear actuator* dan batang penghubung sebesar 45° adalah sebagai berikut:

**Link 3**



$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = R_{34y} - R_{32y} + 637 \text{ N}$$

$$637 \text{ N} = -R_{34} \sin 70,86^\circ + R_{32} \sin 75,66^\circ$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = -R_{32y}(46,88 \times 10^{-3} \text{ m}) + F_1(186,88 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$0 = -0,04688 R_{32y} + 637N(0,18688m)$$

$$R_{32} \sin 75,66^\circ = \frac{112,128}{0,04688}$$

$$R_{32} = \frac{2391,8}{0,968}$$

$$\mathbf{R_{32} = 2470,87 N}$$

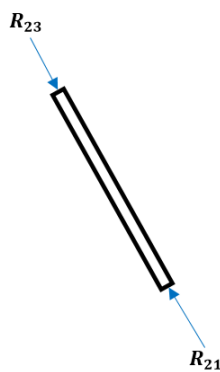
$$637N = R_{34} \sin 70,86^\circ + R_{32} \sin 75,66^\circ$$

$$637N = -R_{34} \sin 70,86^\circ + 2391,8$$

$$R_{34} = \frac{2294,8}{0,945}$$

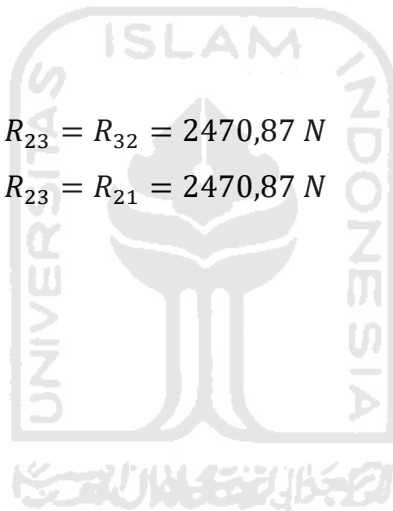
$$\mathbf{R_{34} = 2428,36 N}$$

**Link 2**

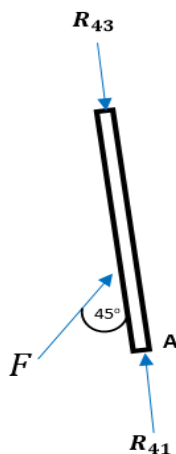


$$R_{23} = R_{32} = 2470,87 N$$

$$R_{23} = R_{21} = 2470,87 N$$



**Link 4**



$$R_{43} = R_{34} = 2428,36 N$$

$$R_{43} = R_{41} = 2428,36 N$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = -R_{43y} - F \sin 45^\circ + R_{41} \sin 70,86^\circ$$

$$2428,36 N = -F \sin 45^\circ + R_{41} \sin 70,86^\circ$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = F \sin 45^\circ (39 \times 10^{-3}m) + R_{43}(101 \times 10^{-3}m)$$

$$F \sin 45^\circ = 2428,36 \text{ N } (0,101m)$$

$$F = \frac{245,26}{0,707}$$

$$F = 346,9 \text{ N}$$

Dari hasil analisa beban yang diterima paling besar didapatkan pada saat dudukan pengguna mulai berdiri. Maka besar gaya yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan dudukan dengan massa pengguna sebesar 65 kg adalah lebih besar dari 2040 N ( $F > 2040 \text{ N}$ ).

### 3.6 Komponen Kendali

Pada penelitian ini beberapa komponen elektrik yang digunakan diambil dari komponen kursi roda elektrik biasa. Komponen elektrik tersebut antara lain *joystick*, 2 buah *DC motor*, 2 buah baterai 12 volt, dan *charger* baterai. Komponen elektrik tersebut merupakan satu sistem kendali yang siap digunakan.



**Gambar 3- 9** Komponen Yang Diambil Dari Kursi Roda Elektrik Biasa

Penggunaan *joystick* dapat digunakan untuk menggerakkan kursi roda secara otomatis. Kemudian 2 buah *DC motor* dapat digunakan sebagai penggerak agar kursi roda dapat bergerak maju, mundur, dan berbelok. 2 buah baterai dengan

kapasitas tegangan 12-volt yang dirangkai seri sehingga *output* tegangan menjadi 24-volt.

### 3.6.1 Joystick dan Handset

Alat pengendali yang digunakan untuk mengontrol kursi roda pada penelitian ini adalah *joystick*. *Joystick* yang digunakan merupakan *joystick* yang terdapat pada kursi roda elektrik biasa yang sudah beredar dipasaran. Komponen ini juga sudah dimasukkan program oleh pengembang sehingga alat ini dapat langsung digunakan. Dengan alat pengendali ini dan program yang sudah dimasukkan memungkinkan kursi roda dapat bergerak maju, mundur, dan berbelok. Pada alat kendali juga terdapat indikator level catu daya, tombol pengatur level kecepatan, serta tombol *power (on/of)*.



Gambar 3- 10 Joystick dan Handset

Kemudian alat pengendali yang digunakan untuk mengontrol kursi roda untuk berdiri penulis menggunakan *handset* dengan tipe HB736. Cara kerja alat ini yaitu menggunakan sistem *push button*, yaitu aktuator akan merespon ketika tombol pada *handset* ditekan. Alat ini tidak terhubung langsung dengan *linear actuator* melainkan diperantarai oleh *control box*.

Pada penelitian lain, alat pengendali yang digunakan untuk mengontrol kursi roda dapat menggunakan *push button*. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Aswin dan Juliansyah (Aswin & Juliansyah, 2011), kursi roda elektrik yang dikembangkan menggunakan *push button* untuk mengendalikan kursi roda. Pada penggunaannya kursi roda elektrik penelitian tersebut memiliki empat arah gerak yaitu maju, mundur, belok kiri, dan belok kanan.

Pada penelitian ini alat pengendali menggunakan *joystick* merupakan komponen yang diambil dari kursi roda elektrik biasa. Alat kendali *joystick* juga lebih nyaman digunakan dikarenakan pengguna hanya perlu menggeser tuas ke arah yang diinginkan. Selain itu, arah gerak juga lebih mudah bermanufer dalam pengaplikasiannya dikarenakan tuas *joystick* yang dapat digerakan  $360^\circ$ .

### 3.6.2 Rotary DC Motor

Pada penelitian ini *rotary DC motor* yang digunakan juga merupakan komponen yang diambil dari kursi roda elektrik biasa. *DC motor* yang digunakan sudah dipasangi dengan *gearbox* untuk memberikan torsi tetapi akan mengurangi (reduksi) jumlah putaran yang dihasilkan. Adapun spesifikasi *DC motor* yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Jumlah putaran (N) = 1800 RPM
2. Tegangan Kerja (V) = 24 Volt
3. Daya output (P) = 250 Watt
4. Rasio *gearbox* = 19,25:1

Rasio *gearbox* adalah 19,25:1 artinya kecepatan putar yang dihasilkan oleh *DC motor* dengan nilai 1800 RPM akan dikonversi oleh *gearbox* menjadi 93,50 RPM. Jadi kecepatan putar *DC motor* yang semula sebesar 1800 RPM dikonversi oleh *gearbox* menjadi 93,50 RPM.



Gambar 3- 11 Rotary DC Motor

Adapun torsi motor yang dihasilkan dari *gearbox* dapat diketahui melalui persamaan (2.3) yaitu:

$$\tau = \frac{(5252 \times P)}{N}$$

P = 250 Watt = 0,335256 HP

N = 93,50 RPM

$$\tau = \frac{(5252 \times 0,335256)}{93.50}$$

$$\tau = \frac{1760.765}{93.50}$$

$$\tau = \mathbf{18,831 Nm}$$

Maka, besar torsi yang dihasilkan setelah mengalami reduksi oleh *gearbox* adalah sebesar 18,831 Newton meter.

### 3.6.3 *Linear actuator*



**Gambar 3- 12 *Linear actuator***

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan untuk mengangkat pengguna yang diasumsikan seberat 65 kg maka dibutuhkan gaya yang lebih besar dari 2040 Newton. Pada penelitian ini peneliti menggunakan *linear actuator* tipe LA31 *fast motor*. Pemilihan *linear actuator* untuk menggerakkan dudukan pengguna dari posisi duduk ke berdiri dan sebaliknya untuk mempermudah dalam mekanisme menggerakkan dudukan pengguna. Adapun *linear actuator* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Mampu dorong sampai 6000 N dan mampu tarik sampai 4000 N.
2. Panjang batang 200 mm.
3. Kecepatan 8,3 mm/s.
4. Tegangan kerja 24 Volt.
5. Kuat arus 0,3 Amper.
6. *Duty cycle*: Maks. 10% atau penggunaan terus menerus selama 2 menit dan tidak digunakan selama 18 menit.
7. Kabel colokan tipe DIN.

Produk ini sudah memenuhi standar EN60601-1 mengenai cakupan keselamatan dasar dan kinerja penting pada semua Komponen Medis Elektrik. Pada pengaplikasiannya *linear actuator* yang digunakan pada penelitian ini dihubungkan dengan *control box*.

#### **3.6.4 Control Box dan Inverter**

*Control box* yang digunakan merupakan peranti yang menghubungkan *linear actuator* dengan *handset* serta menerima daya dari catu daya. Pada penelitian ini menggunakan *control box* tipe CB9. Penggunaan *control box* ini mengikuti standar penggunaan *control box* yang sesuai dengan *linear actuator* yang digunakan. Adapun spesifikasi dari *control box* tipe CB9 ini adalah sebagai berikut:

1. Tegangan utama 230 Volt AC 50-60 Hz
2. Tegangan *output* 24 DC



**Gambar 3- 13 Control Box**

Pada spesifikasi *control box* menggunakan arus AC maka disini penulis menggunakan *inverter* untuk mengubah arus DC ke arus AC.



**Gambar 3- 14 Inverter**

### **3.6.5 Catu Daya**

Catu daya yang digunakan pada penelitian ini berupa aki kering dengan tegangan 12 volt. Jumlah aki yang digunakan sebanyak 4 buah dengan pembagian 2 buah digunakan untuk *rotary DC motor* dan 2 buah lainnya digunakan untuk *linear actuator*. Aki yang digunakan untuk *rotary motor* merupakan aki yang diambil dari kursi roda elektrik biasa dan spesifikasinya berbeda dengan aki yang digunakan pada *linear actuator*.

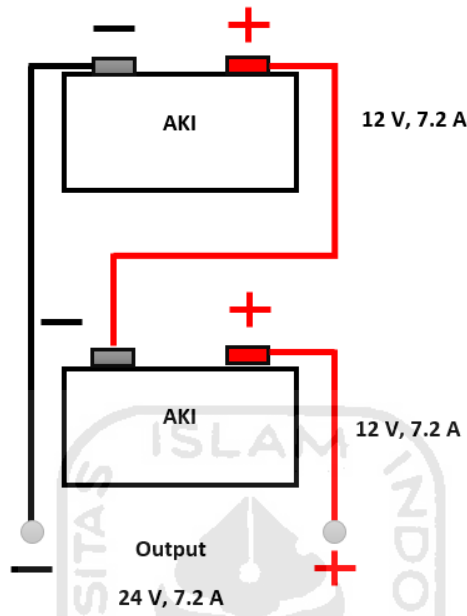


**Gambar 3- 15 Aki Kering**

Besar kuat arus yang dihasilkan pada aki yang digunakan untuk *rotary motor* adalah sebesar 12 Ah sedangkan aki yang digunakan pada *linear actuator* adalah 7,2 Ah. *Rotary motor* yang digunakan menggunakan tegangan kerja sebesar 24 volt sehingga untuk mencapai tegangan itu kedua baterai tersebut dirangkai secara seri sehingga menghasilkan tegangan sebesar 24 volt.



Pada penggunaan *linear actuator* catu daya tidak terhubung langsung ke *control box* melainkan melalui *inverter*. *Inverter* yang digunakan memerlukan tegangan input sebesar 24 volt, sehingga baterai yang digunakan juga dirangkai secara seri.



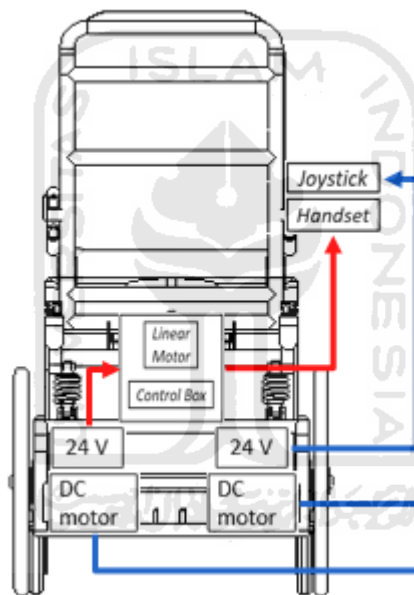
Gambar 3- 16 Rangkaian Seri

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan Sistem Kendali

Perancangan sistem kendali pada kursi roda elektrik dengan fitur berdiri memanfaatkan komponen elektrik dari kursi roda elektrik biasa dan beberapa komponen tambahan yang sudah dapat langsung digunakan, sehingga dalam penggunaannya hanya perlu menyusun/merangkai komponen-komponen tersebut. Adapun rangkaian sistem kendali pada kursi roda elektrik dengan fitur berdiri secara sederhana dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4- 1 Skema Sistem Kendali Kursi Roda Elektrik dengan Fitur Berdiri**

Dari **Gambar 4-1** diatas dapat dilihat sistem kendali untuk *DC motor* dan *linear actuator* dibuat terpisah. Skema dengan garis berwarna biru menunjukkan sistem kendali untuk *DC motor*, sedangkan skema berwarna merah menunjukkan sistem kendali untuk *linear actuator*.

## 4.2 Hasil Pengujian

### 4.2.1 Kinerja *Rotary DC Motor*

Hasil pengujian kinerja *rotary DC motor* diambil dari pengamatan terhadap kemampuan kursi roda untuk bergerak maju-mundur, dan berbelok. Dari hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan kinerja *rotary DC motor* pada prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri menurun jika dibandingkan dengan penggunaannya pada kursi roda elektrik biasa.

Untuk gerakan maju-mundur tanpa berbelok kursi roda dapat bergerak dengan cukup baik, namun masih kurang responsif jika dibandingkan dengan saat digunakan pada kursi roda elektrik biasa. Begitu pula untuk gerakan berbelok, didapatkan prototipe kursi roda elektrik dapat berbelok dengan baik walaupun kurang responsif.

### 4.2.2 Kinerja *Linear actuator*

Hasil pengujian kinerja *linear actuator* dilakukan melalui percobaan oleh pengguna dengan melakukan gerakan duduk-berdiri menggunakan kursi roda. Percobaan dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan kursi roda untuk gerakan duduk-berdiri. Selain itu pengujian juga dilakukan dengan memvariasikan berat pengguna untuk mengetahui pengaruh variasi beban pengguna terhadap kinerja *linear actuator*.

Tabel 4- 1 Hasil Pengujian Kinerja *Linear Actuator*

No.	Massa (kg)	Waktu (s)	
		Naik	Turun
1.	56	26	26
2.	67	26	26
3.	73	25	25

Tiap pengguna melakukan percobaan sebanyak tiga kali kemudian waktu yang diambil adalah rata-rata dari tiga kali pengambilan data tersebut. Data hasil

pengujian kinerja *linear actuator* dengan variasi beban pengguna dapat dilihat pada **Tabel 4-1**.

### **4.3 Analisis dan Pembahasan**

#### **4.3.1 Analisis Kinerja *Rotary DC Motor***

Dari hasil pengujian kinerja *rotary DC motor* pada penggunaan prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri, kinerja yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan pada penggunaannya di kursi roda elektrik biasa. Menurut penulis salah satu penyebabnya yaitu massa prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri lebih besar dibanding massa kursi roda elektrik biasa. Berikut adalah perbandingan massa kursi roda elektrik biasa dan massa prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri:

1. Massa kursi roda elektrik biasa  
Massa Bersih: 43 kg
2. Massa prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri  
Massa Kerangka: 40 kg  
Massa Komponen lain: 20 kg  
Massa Total: 60 kg

Dari perbandingan massa tersebut dapat dilihat selisih dari massa kursi roda elektrik biasa dengan massa prototipe kursi roda elektik dengan fitur berdiri adalah sebesar 17 kg. Karena *rotary DC motor* yang digunakan merupakan komponen yang diambil dari kursi roda elektrik biasa yang masanya lebih ringan, sehingga torsi yang disediakan tidak mencukupi untuk digunakan pada prototipe kursi roda elektrik dengan fitur berdiri yang memiliki massa lebih berat.

#### **4.3.2 Analisis Kinerja *Linear actuator***

Pada lembar hasil pengujian dapat dilihat beberapa kali percobaan terhadap *linear actuator* dengan cara melakukan gerakan posisi duduk-berdiri oleh pengguna. Berikut tabel hasil pengujian *linear actuator* penelitian sebelumnya dan penelitian ini pada **Tabel 4-2** dan **Tabel 4-3**.

**Tabel 4-2 Hasil Pengujian Kinerja *Linear actuator* Penelitian Sebelumnya**

No.	Nama	Massa (kg)	Waktu (s)		Delay (s)
			Naik	Turun	
1.	Dowy Pratama	65	38	38	5
2.	Gustian Heroito	80	40	38	5
3.	Ameliana Risky	60	37.5	37.5	5
4.	Luthfi Yudistira	73	38	38	5
5.	Syarifudin	67	37.5	37.5	5
6.	Dzulfikar	70	38	38	5
7.	Novandra Satrio	78	38	38	5
8.	Reza Perdana	75	38	38	5

**Tabel 4- 3 Hasil Pengujian *Linear actuator* Penelitian Ini**

No.	Massa (kg)	Waktu (s)	
		Naik	Turun
1.	56	26	26
2.	67	26	26
3.	73	25	25

Dari **Tabel 4-2** dan **Tabel 4-3** dapat dilihat perbandingan lama waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing prototipe kursi roda dari penelitian sebelumnya dan penelitian ini. Waktu yang dibutuhkan oleh prototipe kursi roda pada penelitian sebelumnya berkisar antara 37,5 detik sampai 40 detik untuk gerakan duduk ke berdiri maupun sebaliknya. Waktu paling cepat yang dapat dicapai adalah 37,5 detik dengan massa pengguna sebesar 60 kg dan 67 kg. Sedangkan waktu paling lama yang dicapai adalah 40 detik dengan massa pengguna 80 kg. Pada hasil pengujian penelitian ini waktu yang dibutuhkan prototipe kursi roda untuk bergerak duduk ke berdiri dan sebaliknya adalah 25 dan 26 detik.

Berdasarkan spesifikasi kecepatan *linear actuator* yang digunakan dengan kecepatan 8.3 mm/s, waktu yang dibutuhkan *linear actuator* dari panjang batang 0

mm sampai 200 mm adalah selama 24 detik tanpa beban. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, spesifikasi motor yang digunakan memiliki kecepatan 4 mm/s dengan panjang batang *linear actuator* 150 mm pada posisi duduk dan panjang batang pada saat berdiri adalah 250 mm. Maka waktu yang dibutuhkan oleh *linear actuator* untuk menggerakkan batang 150 mm sampai 250 mm adalah selama 25 detik tanpa pembebanan.

Dari hasil pengujian dan analisis tersebut maka dapat dievaluasi tercapai atau tidaknya kriteria desain yang telah dibuat pada penelitian yaitu:

1. Kursi roda dapat berpindah posisi dan melakukan gerakan duduk-berdiri dengan massa pengguna 56 kg sampai 73 kg.
2. Dapat melakukan gerakan dari posisi duduk ke berdiri maupun sebaliknya dengan waktu kurang dari 30 detik.

Dari penjabaran tersebut maka seluruh kriteria desain yang telah dibuat sudah tercapai.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe kursi roda pada penelitian ini dapat berpindah tempat dan melakukan gerakan duduk-berdiri dengan lebih optimal. *Rotary DC motor* yang digunakan menggunakan *gearbox* dengan torsi sebesar 18,831 Nm. Sedangkan *linear actuator* yang digunakan adalah tipe LA31 *fast motor* dengan beban maksimal sebesar 6000 N, panjang batang 200 mm, dan kecepatan 8,3 m/s.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Pada penelitian ini masih terdapat kekurangan, serta terdapat langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran yang dapat penulis berikan yaitu:

1. Pemilihan komponen kendali yang lebih sesuai untuk digunakan agar dapat lebih optimal dalam penggunaannya.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengenai peningkatan keamanan pengguna seperti penambahan sensor jarak pada bagian belakang karena keterbatasan pengelihatannya oleh pengguna pada area belakang.
3. Selain itu dapat juga dilakukan penelitian dengan penambahan fitur berbaring.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Ghani, N. M., & Tokhi, M. O. (2016). Sit-to-Stand and Stand-to-Sit Control Mechanisms of Two-Wheeled Wheelchair. *Journal of Biomechanical Engineering*, 138(4), 041007. <https://doi.org/10.1115/1.4032800>
- Alhadi, S. (2018). *DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA YOGYAKARTA 2018*. 72.
- Aswin, & Juliansyah, I. (2011). *KURSI RODA ELEKTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER BAGI PENYANDANG CACAT*. 13.
- Batan, I. M. L. (2006). PENGEMBANGAN KURSI RODA SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN RUANG GERAK PENDERITA CACAT KAKI. *Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra*, 9.
- Churchward, R. (1985). *The development of a standing wheelchair*. 8.
- Huddin, F. (2019). *Sistem Kendali Kursi Roda Elektrik dengan Fitur Berdiri menggunakan Arduino*. <http://hdl.handle.net/123456789/18048>
- Krishnan, N. S. L., & Hong Sun Lim R. (2008). *Comparison of linear switched reluctance machines for vertical propulsion application: Analysis, design, and experimental correlation* (Vol. 44). IEEE Transactions on industry applications.
- Lin, J.-S., & Shieh, C.-H. (2014). An Ssvep-Based Bci System and its Applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 5(10). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2014.051009>



- Mawardi, & Lianda, J. (2018). Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Menggunakan Joystick. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis*, 9.
- Mougharbel, I., El-Hajj, R., Ghamlouch, H., & Monacelli, E. (2013). Comparative study on Different Adaptation Approaches Concerning a Sip and Puff Controller for a Powered Wheelchair. *Science and Information Conference*, 7.
- Mueller, J., & Pocock, T. (2016). *Introduction: What is an electric linear actuator?* 7.
- Nasar, S. A., & Boldea, I. (2001). *LINEAR ELECTRIC MOTORS: THEORY, DESIGN, AND PRACTICAL APPLICATIONS*.  
<http://worldcat.org/isbn/0135368634>
- Trisnowati, E., Niza, R., & F, I. (2017). ANALISIS KESETIMBANGAN BENDA DENGAN HUKUM I NEWTON. *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 3(2), 122. <https://doi.org/10.32699/spektra.v3i2.30>
- Triwiyatno, A. (2010). *Buku Belajar Sistem Kontrol Analog*. Semarang, Universitas Diponegoro.
- Wicaksono, A. W., Darmastuti, S. A., Hidayati, N., & Rahmadi, E. (n.d.).  
PENGENALAN AKTUATOR BESERTA PROSES KERJA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO.  
*Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor*, 7.