

RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI DAN RANGKA PADA MOBIL LISTRIK BAGI PENGGUNA KURSI RODA

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

M. Akmal Ikhsan S	NIRM	0011821
Mulya Evando Irawan	NIRM	0011823
Niftahun Wafiq	NIRM	0021821
Sokam Pratama	NIRM	0021830

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI DAN RANGKA PADA MOBIL LISTRIK BAGI PENGGUNA KURSI RODA

Oleh:

M. Akmal Ikhsan S/0011821

Mulya Evando Irawan/0011823

Niftahun Wafiq/0021821

Sokam Pratama/0021830

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui

Pembimbing 1



Subkhan, S.T.,M.T.

Pembimbing 2



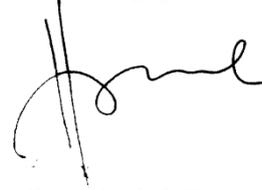
Adhe Anggry, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Muhammad Yunus, M.T

Penguji 2



Hasdiansah, S.S.T., M.Eng

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

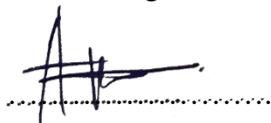
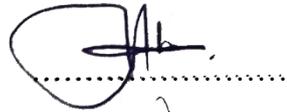
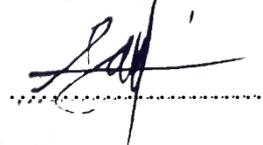
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1	: M. Akmal Ikhsan S	NIRM : 0011821
Nama Mahasiswa 2	: Mulya Evando Irawan	NIRM : 0011823
Nama Mahasiswa 3	: Niftahun Wafiq	NIRM : 0021821
Nama Mahasiswa 4	: Sokam Pratama	NIRM : 0021830

Dengan Judul : Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Rangka pada
Mobil Listrik Bagi Pengguna Kursi Roda

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan bila ternyata di kemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Agustus 2021

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1. M. Akmal Ikhsan S	
2. Mulya Evando Irawan	
3. Niftahun Wafiq	
4. Sokam Pratama	

ABSTRAK

Beberapa penyandang disabilitas adalah mereka yang sebelumnya bisa melakukan aktivitas normalnya menggunakan kendaraan. Setelah menjadi penyandang disabilitas, mereka merasa kesulitan untuk melakukan aktivitas seperti biasa dalam menggunakan kendaraan, sehingga pengembangan sarana transportasi bagi penyandang disabilitas perlu terus dilakukan. Salah satu jenis penyandang disabilitas yang berpotensi produktif adalah pengguna kursi roda. Pada umum kecacatan yang dialami adalah kaki. Perancangan rangka mobil ini mengacu pada metode perancangan *Capstone Design* dimana memiliki 5 (lima) tahapan yaitu *design require*, *conceptual design*, *detailed design*, analisis keteknikan, dan gambar teknik . Dari tahapan tersebut dihasilkan 2 (dua) varian konsep rancangan yang kemudian dinilai kembali berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Konsep yang terpilih kemudian dilakukan optimasi rancangan dan dilakukan perhitungan sebagai analisis. Selanjutnya dibuatkan simulasi pembebanan menggunakan *software Solidworks*.

Kata kunci : *capstone design*, disabilitas, kendaraan, kemudi, rangka, *Solidworks*

ABSTRACT

Some people with disabilities are those who were previously able to carry out their normal activities using a vehicle. After becoming persons with disabilities, they find it difficult to carry out their usual activities in using a vehicle, so the development of transportation facilities for persons with disabilities needs to continue. One of the types of people with disabilities who have the potential to be productive are wheelchair users. In general, the disability experienced is the foot. The design of this car frame refers to the Capstone Design design method which has 5 (five) stages, namely design require, conceptual design, detailed design, engineering analysis, and technical drawings. From these stages, 2 (two) variants of the design concept were produced which were then reassessed based on technical and economic aspects. The selected concept is then optimized for design and calculated as an analysis. Next, a loading simulation is made using SolidWorks software.

Keywords: *capstone design, disability, frame, steering, vehicle, Solidwoks*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir tentang “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Rangka Mobil Pengguna Kursi Roda” dengan baik. Terima kasih kepada keluarga besar yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral dan materil serta semangat. Penyusunan laporan proyek akhir ini sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada proyek akhir ini penulis mencoba menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama 3 (tiga) tahun menempuh pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Pristiansyah, S.S.T.,M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Subkhan, S.T., M.T selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama proses pengerjaan proyek akhir ini.
4. Ibu Adhe Anggry,S.S.T., M.T selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberikan saran dan solusi dari masalah yang penulis hadapi selama proses pengerjaan terkait penulisan proyek akhir ini.
5. Dewan penguji proyek akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Komisi proyek akhir dan seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin.
7. Rekan-rekan mahasiswa angkatan tahun akademik 2018/2019 Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan proyek akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan guna mendukung pengembangan dan perbaikan penulisan di masa yang akan datang. Semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembaca. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Sungailiat, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
BAB II	4
DASAR TEORI.....	4
2.1. Kendaraan untuk Difabel	4
2.2. Kursi Roda	4
2.3. Sistem Kemudi	5
2.4. Dinamika Sudut Belok Sistem Kemudi	7
2.4.1 Gaya Sentrifugal Kendaraan	8
2.5. Rangka.....	9
2.6. Metode Perancangan	10
BAB III.....	11
METODE PELAKSANAAN	11
3.1 Tahapan Pelaksanaan	11
3.2 Rincian Pelaksanaan.....	12
3.2.1 Merancang Sistem Penghubung <i>Tie-rod</i> ke <i>Handlebar</i>	12

3.2.2	Merancang rangka.....	12
3.2.3	Merancang Dimensi <i>Tie-rod</i>	12
3.2.4	Membuat Hasil Rancangan.....	12
BAB IV		14
PEMBAHASAN		14
4.1	Pendahuluan.....	14
4.2	<i>Design Requirment and Objectives (DRO)</i>	14
4.2.1	Analisa Pengembangan Awal.....	14
4.2.2	Pengumpulan Data.....	14
4.3	<i>Conceptual Design</i>	14
4.3.1.	Daftar Tuntutan	14
4.3.2.	Tuntutan Fungsi Bagian	16
4.3.3.	Alternatif Fungsi Bagian.....	16
4.3.4.	Pembuatan Alternatif Keseluruhan.....	18
4.3.5.	Variasi Konsep	19
4.3.6.	Penilaian Variasi Konsep.....	21
4.3.7.	Keputusan	22
4.4	<i>Detailed Design</i>	23
4.4.1	Pembuatan Rangka tipe “H”	23
4.4.2	Pembuatan <i>Bracket</i> Sistem Kemudi	24
4.4.3	Perakitan Sistem Kemudi.....	26
4.5	Analisis Keteknikan.....	28
4.5.1	Analisa Perhitungan Kemudi.....	28
4.5.2	Analisa Pembebanan pada Rangka.....	30
4.5.3	Analisa <i>Ground Cleareance</i>	31
4.5.4	Analisa Dalam Memungkinkan Wanita Dapat Mengakses Kursi Roda Ke Mobil	31
4.5.5	Analisa Tempat Akses Cukup Nyaman	31
4.5.6	Analisa Prioritas Untuk Kursi Roda Yang Sejajar	32
4.5.7	Analisa Keselamatan	33
4.5.8	Hasil Uji Coba.....	33

4.5.9	Perawatan Sistem Kemudi Mobil Listrik Pengguna Kursi Roda	34
4.6	Gambar Teknik.....	38
BAB V.....		39
PENUTUP.....		39
5.1.	Kesimpulan.....	39
5.2.	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA		40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rancangan <i>Jig and Fixture</i> Kursi Roda.....	1
Gambar 2.1 Panduan ukuran kursi roda.....	5
Gambar 2.2 <i>Steering Column</i>	6
Gambar 2.3 Gambaran umum hubungan antara <i>handlebar</i> dan <i>tie-rod</i>	6
Gambar 2.4 Kinematika Kemudi (Sumber : www.peduliotomotif.com).....	7
Gambar 2.5 Gaya sentrifugal kendaraan (Sumber : http://zulfauzi.blogspot.com).....	8
Gambar 2.6 Diagram Alir Metode <i>Capstone Design</i>	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan.....	11
Gambar 4.1 Diagram Struktur Fungsi mobil pengguna kursi roda.....	15
Gambar 4.2 Diagram Struktur Fungsi mobil pengguna kursi roda	15
Gambar 4.3 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian.....	15
Gambar 4.4 Varian Konsep 1	20
Gambar 4.5 Varian Konsep 2.....	20
Gambar 4.6 Varian Konsep 3.....	21
Gambar 4.7 Rangka tipe H.....	24
Gambar 4.8 <i>Bracket</i> Bawah	25
Gambar 4.9 <i>Bracket</i> Atas	26
Gambar 4.10 Tie-rod Sistem.....	27
Gambar 4.11 <i>HandleBar</i>	28
Gambar 4.12 Simulasi Pembebanan pada Rangka.....	30
Gambar 4.13 <i>Safety Factor</i>	30
Gambar 4.14 Analisa <i>Ground Clearance</i> Pada mobil pengguna Kursi Roda.....	31
Gambar 4.15 Analisa Dalam Memungkinkan Wanita Dapat Mengakses Kursi Roda Ke Mobil	31
Gambar 4.16 Analisa Tempat Akses Cukup Nyaman	32
Gambar 4.17 Analisa Prioritas Untuk Kursi Roda Yang Sejajar	32
Gambar 4.18 Analisa Keselamatan.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar Tuntutan	14
Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi Bagian	16
Tabel 4.3 Alternatif Fungsi Sistem Kemudi pada <i>Tie- Rod</i>	16
Tabel 4.4 Alternatif Fungsi Sistem Home Steering	17
Tabel 4.5 Alternatif Fungsi Rangka Pada Sistem Lantai	18
Tabel 4.6 Kotak Morfologi	19
Tabel 4.7 Skala Penilaian Varian Konsep	22
Tabel 4.8 Kriteria Penilaian Teknis	22
Tabel 4.9 Kriteria Penilaian Ekonomis	22
Tabel 4.10 Hasil Ujicoba	33

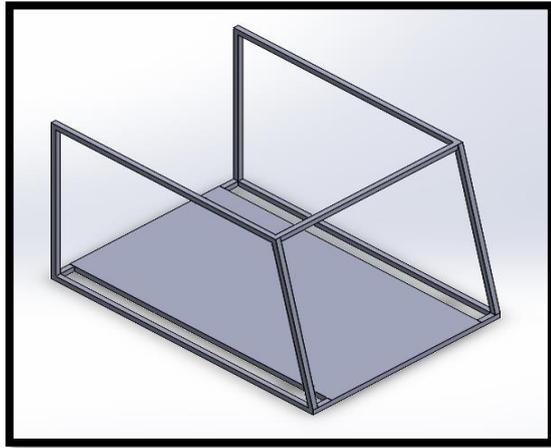
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa penyandang disabilitas adalah mereka yang sebelumnya bisa melakukan aktivitas normalnya menggunakan kendaraan. Setelah menjadi penyandang disabilitas, mereka merasa kesulitan untuk melakukan aktivitas seperti biasa dalam menggunakan kendaraan, sehingga pengembangan sarana transportasi bagi penyandang disabilitas perlu terus dilakukan. Salah satu jenis penyandang disabilitas yang berpotensi produktif adalah pengguna kursi roda. Pada umum kecacatan yang dialami adalah kaki.

Meskipun sudah ada beberapa kendaraan yang dibuat khusus untuk penyandang disabilitas, namun banyak aspek yang mempengaruhi kendaraan tersebut belum bisa beroperasi di jalanan umum. Aspek yang mempengaruhi adalah tentang keamanan pengguna, kemudahan aksesibilitas, kenyamanan, dan harga yang kurang terjangkau bagi pengguna. Contoh kendaraan difabel yang sudah diproduksi adalah mobil “*Cangoro*” bertenaga listrik yang diciptakan Istvan Kissaroslaki dan Stacy Zoern, dengan modal U.S.D 4 juta dan waktu pengerjaan 18 bulan pada 2010. Mereka menjelaskan bahwa kendaraan untuk pengguna kursi roda masih membutuhkan orang lain baik untuk mendorong atau menjaga pengguna agar tidak terjatuh, sementara mobil ini hanya membutuhkan waktu 10 detik untuk masuk ke mobil dan siap untuk berangkat. Kekurangannya adalah bagi pengguna kursi roda di Indonesia, mobil ini sulit dijangkau dari segi biaya. Seperti gambar 1.1, penelitian mobil pengguna kursi roda juga dilakukan M. Fikri, Dwiky dan Rego pada 2020, penelitian difokuskan pada rancangan pengarah dan penepat (*Jig & Fixture*) kursi roda. Pengarah kursi roda dapat mengakses kursi roda dengan baik dan penepat dapat mengunci bagian dari kursi roda dengan derajat kebebasan 0°



Gambar 1.1 Rancangan *Jig and Fixture* Kursi Roda

Agar pengguna kursi roda di Indonesia mendapatkan hak yang sama dalam mengakses mobil, maka perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan tetap memperhatikan aspek keamanan, manufaktur dan ekonomis.

Rancangan mobil pengguna kursi roda terdiri dari bagian-bagian utama, yaitu: kerangka, bodi, sistem penggerak, sistem kemudi, sistem tenaga, dan sistem manajemen keamanan serta fitur tambahan. Pada proyek akhir ini akan dilakukan penelitian mengenai rancangan rangka khusus untuk sistem kemudi yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna kursi roda di Indonesia. Sistem kemudi yang akan dirancang adalah kemudi dengan stang (*handle bar*) yang diaplikasikan pada mekanisme *tie-rod*. Maksud selanjutnya adalah untuk mendapatkan rancangan sistem kemudi yang beroperasi seluruh dengan tangan seperti layaknya sistem kemudi pada sepeda motor *skutermatic* yang diterapkan pada mekanisme *tie-rod* seperti pada mobil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam proyek akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem kemudi *handlebar* dengan mekanisme *tie-rod*.

2. Bagaimana merancang dan membangun sistem rangka tipe “H” yang sesuai dan dapat diposisikan rangka *jig & fixture* yang telah dirancang sebelumnya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari Proyek akhir ini berdasarkan rumusan masalah adalah :

1. Mendapatkan rancangan Sistem kemudi *handlebar* yang sesuai untuk diterapkan pada mekanisme *tie-rod*.
2. Mendapatkan rancangan sistem rangka tipe “H” yang sesuai dan dapat diposisikan dengan rangka *jig & fixture* yang telah dirancang sebelumnya.

BAB II

DASAR TEORI

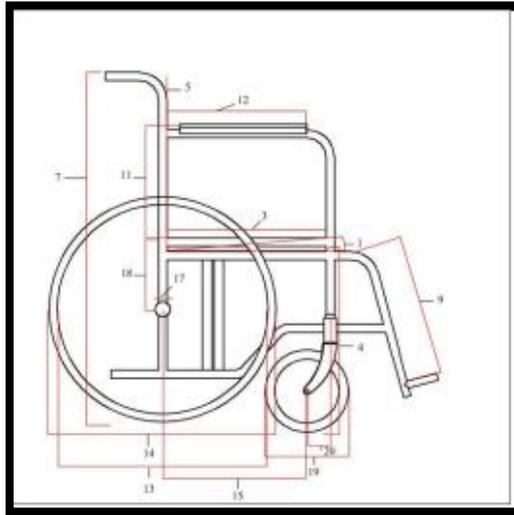
2.1. Kendaraan untuk Difabel

Kendaraan untuk difabel (*Vehicle for Difable*) adalah kendaraan yang dirancang untuk kaum penyandang difabel khususnya yang menggunakan kursi roda dimana kendaraan dapat digunakan difabel tanpa harus turun dari kursi roda.

2.2. Kursi Roda

Kursi roda (*wheelchair*) adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan mobilitas bagi orang yang memiliki kekurangan, seperti orang yang cacat fisik (khususnya penyandang cacat kaki), pasien rumah sakit yang tidak diperbolehkan untuk melakukan banyak aktivitas fisik, orang tua, lanjut usia, dan orang-orang yang memiliki resiko tinggi untuk terluka bila berjalan sendiri (Wakhid, 2011). Menurut *English Wheelchair Guidelines*, kursi roda adalah salah satu alat bantu yang paling umum digunakan untuk meningkatkan mobilitas pribadi. Kurang lebih 10% dari populasi global yaitu sekitar 65 juta orang memerlukan kursi roda. Di Indonesia, Kementerian Kesehatan RI (2014) menyatakan bahwa persentase penyandang disabilitas yang mengalami keterbatasan berjalan atau naik tangga adalah 10,26% dari total seluruh penyandang disabilitas di Indonesia.

Pada Penelitian Ayu A. P dkk (2018), item pada ISO 7176-5 yang digunakan sebagai acuan adalah kelompok pengguna dengan massa 50-125 kg dan hasil pengukuran diperlihatkan pada gambar 2.1

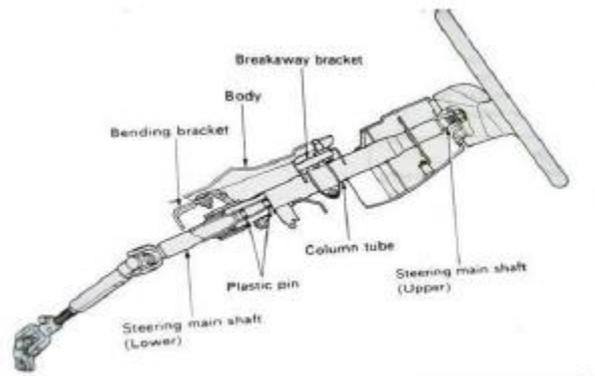


Gambar 2.1 Panduan ukuran kursi roda

2.3. Sistem Kemudi

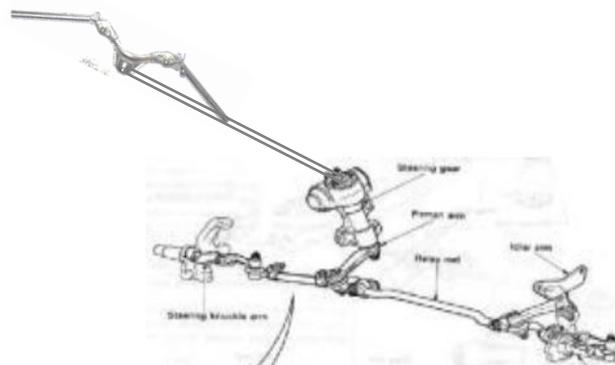
Seperti gambar 2.2, berdasarkan tenaga yang digunakan pada sistem kemudi, terdapat dua tipe, yang pertama adalah *Manual Steering* atau biasa juga disebut konvensional. Di mana semua tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda datang dari pengemudi, yang ditransmisikan melalui sistem kemudi. Sistem kemudi adalah salah satu sistem pada *chassis* mobil yang berfungsi untuk merubah arah kendaraan dan laju kendaraan dengan cara menggerakkan atau membelokkan roda-roda depan mobil dan menjaga agar posisi mobil tetap stabil. Cara kerjanya adalah, apabila roda roda kemudi (*steering wheel*) digerakkan/diputar, kolom kemudi (*steering column*) kemudian meneruskan putaran ke roda gigi kemudi (*steering gear*). *Steering gear* ini berfungsi untuk memperbesar *moment* putar, sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*).

Seperti gambar 2.2, *Steering column* terdiri dari *steering main shaft* dan *column tube*. *Steering column* terpasang pada *body* melalui *brakeaway bracket*, sehingga saat terjadi benturan *steering column* seperti yang ditunjukkan gambar 2.2 dapat terlepas dengan mudah. Untuk mengurangi pemindahan kejutan jalan, pada *steering main shaft* dipasangkan *universal joint*.



Gambar 2.2 *Steering Column*

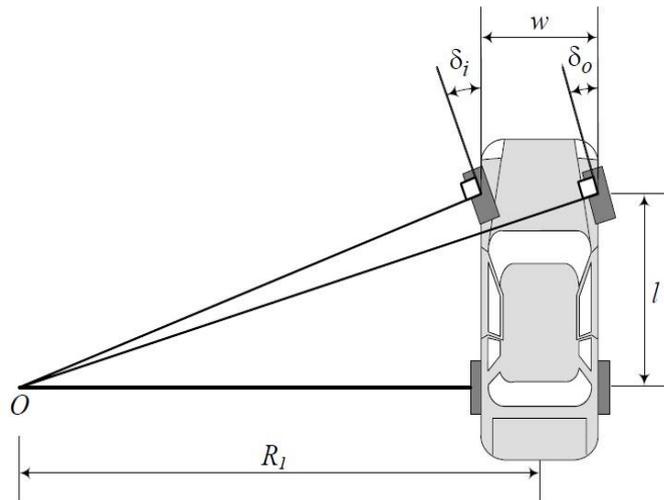
Mekanisme kemudi yang terdapat pada *steering column* adalah peredam benturan, *tilt steering*, *steering lock*, *telescopic steering*. Peredam benturan pada *steering column* ada beberapa tipe yaitu *bending bracket type*, *ball type*, *sealed-in pulverized silicon rubber type*, *mesh type*, dan *bellows type*. Sedangkan mekanisme *tilt steering* ada beberapa tipe juga yaitu *lower fulcrum*, dan *upper fulcrum* (Sularso & Suga, K.,1979).



Gambar 2.3 Gambaran umum hubungan antara *handlebar* dan *tie-rod*

2.4. Dinamika Sudut Belok Sistem Kemudi

Seperti gambar 2.4, Dalam sistem kemudi kinematika dinamika dapat digunakan untuk menganalisa besar sudut pada tiap roda ketika belok dengan variasi besar sudut *steering linkage*.



Gambar 2.4 Kinematika Kemudi (Sumber : www.peduliotomotif.com)

Perhitungan radius sesuai gambar 2.4, kendaraan dapat digunakan persamaan 2.1 dan gambar 2.3 perhitungan radius kemudi adalah sebagai berikut :

$$R = L_f + L_r \cdot \frac{57,29}{\delta_f} \text{ m} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

R = radius kendaraan pada saat belok

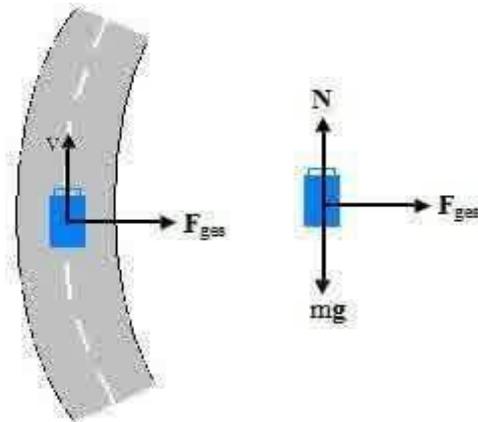
L_f = panjang titik pusat kendaraan dari poros depan

L_r = panjang titik pusat kendaraan dari poros belakang

δ_f = sudut *steer* rata-rata roda depan

2.4.1 Gaya Sentrifugal Kendaraan

Seperti gambar 2.5, pada saat mobil melaju pada sebuah tikungan, maka mobil akan melakukan gerak melingkar. Hal itu menyebabkan timbulnya gaya sentrifugal yang arahnya keluar tikungan yang besarnya sama dengan gaya sentripetal dan selalu menuju pusat kelengkungan sehingga mobil tidak tergelincir. Dalam hal ini, gaya sentripetal yang arahnya menuju pusat kelengkungan diwakili oleh gaya gesekan roda yang melawan gaya sentrifugal mobil. Sesuai dengan Hukum II *Newton* bahwa gaya sentrifugal akan menyebabkan percepatan sentrifugal. Pada saat menikung, kecepatan mobil tidak boleh terlalu tinggi karena akan menghasilkan gaya sentrifugal yang besar. Batas kecepatan mobil terjadi saat besarnya gaya sentrifugal sama dengan gaya gesekan maksimum mobil terhadap jalan yang arahnya berlawanan dengan gaya sentrifugal (Zulfauzi,2015).



Gambar 2.5 Gaya sentrifugal kendaraan (Sumber : <http://zulfauzi.blogspot.com>)

2.5. Rangka

Rangka merupakan bagian penting pada mobil (tulang punggung) yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Fungsi utama dari rangka (Tamzir Rizal, 1999) yaitu :

- a. Untuk menahan beban dari pengemudi, sistem transmisi, bodi dan aksi percepatan perlambatan.
- b. Sebagai landasan untuk meletakkan bodi kendaraan, sistem transmisi, bodi dan komponen-komponen lainnya.
- c. Untuk menahan torsi dari putaran pedal dan getaran akibat permukaan jalan.

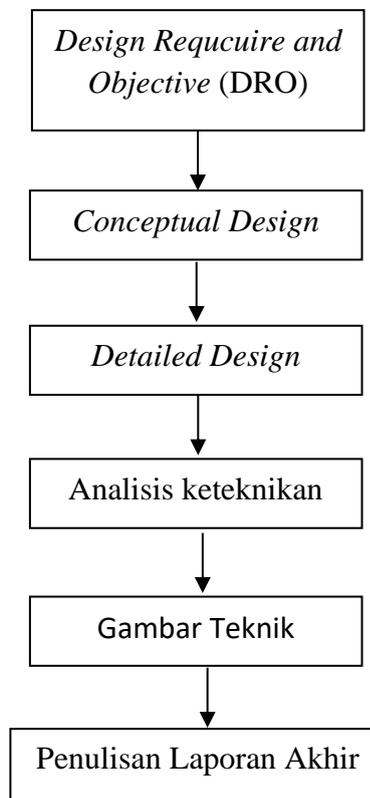
Rangka pada mobil pada umumnya mempunyai konstruksi yang sederhana, terdiri dari bagian yang membujur dan melintang. Bagian yang membujur umumnya mengikat bagian yang melintang agar konstruksi *chassis* lebih kokoh dan kuat menahan beban. Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, rangka harus memenuhi beberapa persyaratan, yang di antaranya :

- a. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang penumpang, sistem transmisi beserta kelengkapan lainnya, tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.
- b. Ringan, sehingga tidak terlalu membebani sistem transmisi
- c. Mampu menahan beban maksimal, memiliki kesetimbangan, agar mampu berjalan dengan stabil.

Berdasarkan bentuknya, rangka kendaraan dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:(1) rangka bentuk “H”,(2) rangka perimeter, (3) rangka bentuk “X”, (4) rangka bentuk tulang punggung (*backbone*), (5) rangka bentuk lantai (*platform frame*), (6) *tubular space frame*, dan *Monocoque* (Monokok). (Tamzir Rizal, 1999).

2.6. Metode Perancangan

Seperti Gambar 2.6 . Metodologi perancangan yang digunakan dalam dalam proses rancangan sistem kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda ini mengacu pada tahapan perancangan “*Capstone Design*”, David G. Ullman. *The mechanical design process* ed. McGraw-Hill. 2009.



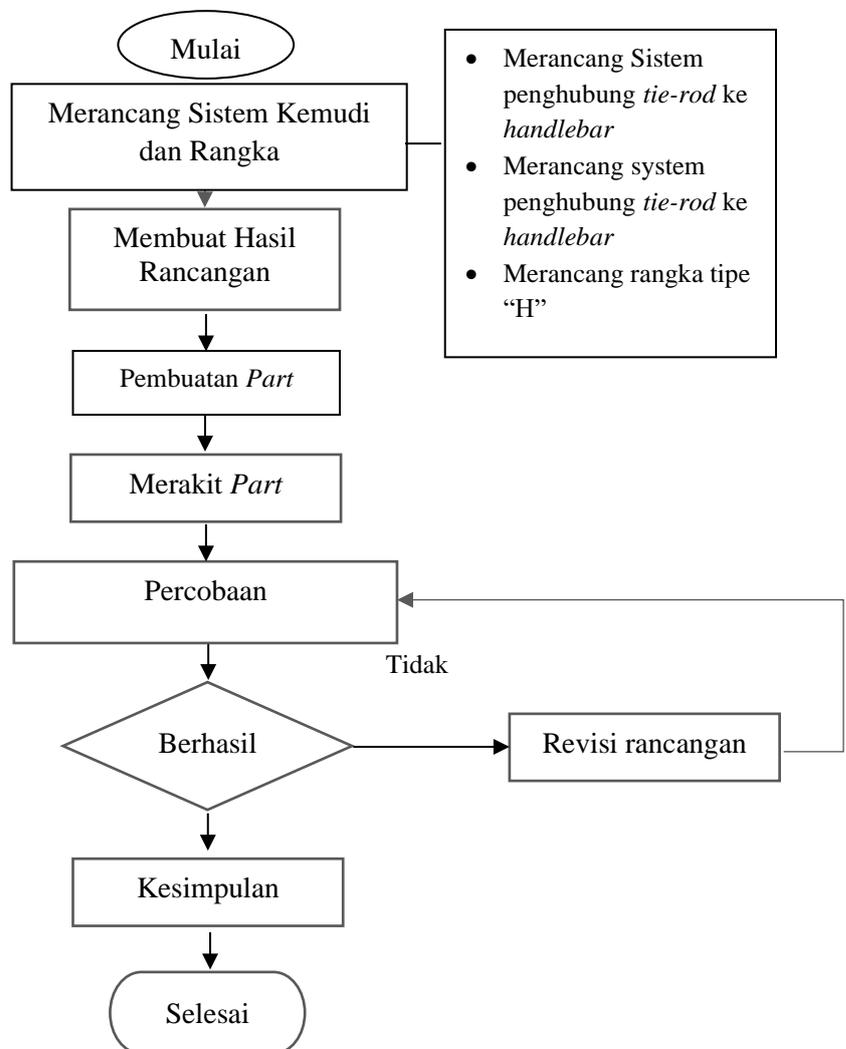
Gambar 2.6 Diagram Alir Metode *Capstone Design*

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan

Langkah - langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian “*Rancangan Bangun Sistem Kemudi Dan Sistem Rangka pada Mobil Listrik Bagi Pengguna Kursi Roda*” bertujuan agar tahapan yang dilakukan lebih terarah dan terkontrol serta sebagai pedoman pelaksanaan proyek akhir agar target yang diharapkan dapat tercapai. Adapun langkah – langkah yang akan dilakukan seperti gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

3.2 Rincian Pelaksanaan

Rincian pelaksanaan berdasarkan Gambar 3.1 adalah sebagai berikut :

3.2.1 Merancang Sistem Penghubung *Tie-rod* ke *Handlebar*

Proses merancang penghubung *tie-rod* ke *handlebar*, yang terdapat pada sistem kemudi mobil

3.2.2 Merancang rangka

Merupakan proses pembuatan rancangan rangka yang akan dibuat memilih tipe rangka yang sesuai dan material atau bahan yang tepat.

3.2.3 Merancang Dimensi *Tie-rod*

Pada proses ini melakukan pembuatan rancangan dimensi *tie-rod* yang sesuai dengan sistem kemudi yang akan dibuat.

3.2.4 Membuat Hasil Rancangan

Proses penggabungan dari setiap rancangan dan dijadikan satu rancangan mobil yang akan dibuat

3.2.5 Pembuatan *Part*

Proses pembuatan setiap *part* atau komponen yang telah dirancang

3.2.6 Merakit *Part*

Merupakan tahapan perakitan semua komponen yang telah dibuat yang sesuai dengan rancangan.

3.2.7 Percobaan

Setelah melakukan perakitan seluruh *part*, melakukan percobaan. Hal yang akan diuji coba yaitu, sudut belok roda, radius belok, dan uji coba pengguna pada saat naik ke atas mobil.

3.2.8 Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan, maka tahap selanjutnya membuat hasil dari uji coba

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Seperti gambar 2.6, Metodologi perancangan yang digunakan dalam proses rancangan sistem kemudi dan rangka tipe “H” pada mobil pengguna kursi roda ini mengacu pada tahapan perancangan *Capstone Design*, David G. Ullman. *The mechanical design process ed.* Mc Graw-Hill. 2009.

4.2 Design Requirement and Objectives (DRO)

4.2.1 Analisa Pengembangan Awal

Proses naiknya pengguna kursi roda dimulai dari melewati jalur buka tutup pada rangka yang dilengkapi jalur untuk roda pada kursi roda. Selanjutnya buka tutup pada rangka tersebut akan menutup sendiri dengan adanya gaya dorongan dari kursi roda yang mengenai salah satu bagian pada rangka. Pada rancangan mobil ini menggunakan kemudi seperti seperti sepeda motor (*handlebar*). Dengan adanya rancangan ini, diharapkan dapat mempermudah pengguna kursi roda dalam mengaplikasikan suatu kendaraan.

4.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode, di antaranya diskusi dengan orang yang berpengalaman dalam bidang manufaktur, *studiliteratur* melalui laporan ilmiah maupun tulisan lain yang dapat mendukung penelitian, serta penelusuran di internet. Data yang didapatkan dari kegiatan tersebut diantaranya

ukuran kursi roda, material yang baik digunakan, mekanisme rancangan yang sederhana dan aplikasi yang digunakan untuk merancang alat tersebut.

4.3 *Conceptual Design*

Langkah-langkah yang pengembangan evaluasi beberapa tuntutan rancangan dan beberapa konsep alternatif rancangan kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda sebagai berikut :

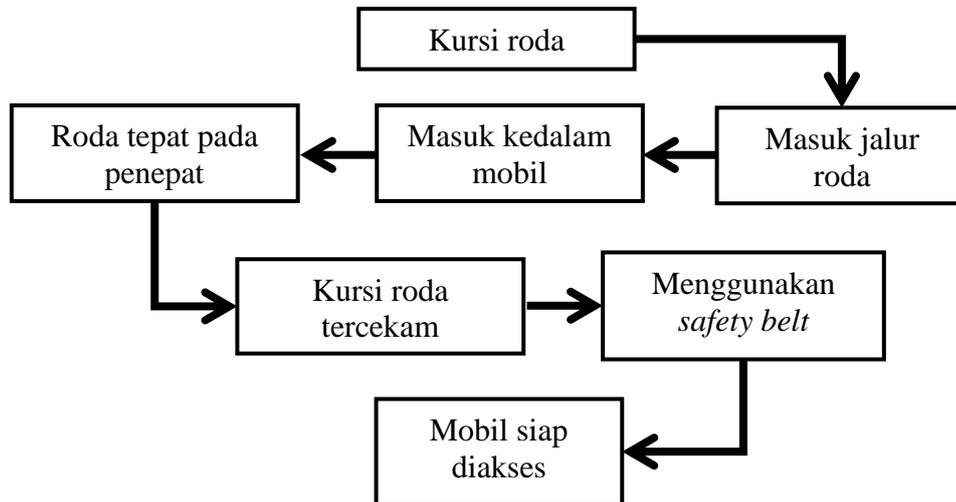
4.3.1. Daftar Tuntutan

Daftar tuntutan yang ingin diterapkan pada rancangan sistem kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda. Diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar Tuntutan

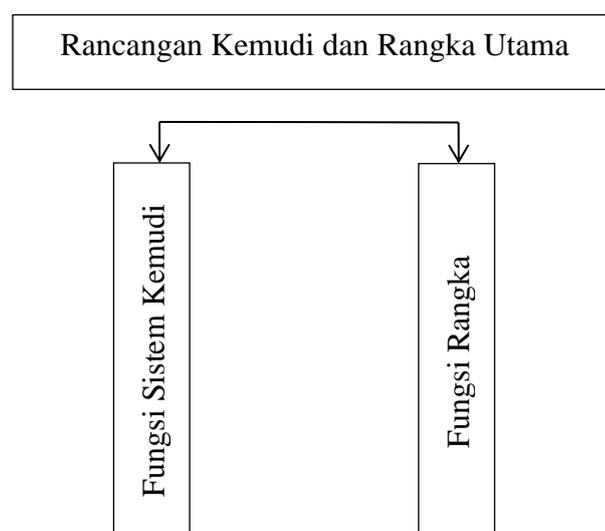
No.	Tuntutan	Deskripsi	Ket.
1.	Ergonomi	- Setiap komponen pada mobil terjangkau oleh pengguna	
2.	Fungsi	- Mekanisme <i>tie-rod</i> yang sesuai	
3	Komponen/Material	- Sesuai dengan standar umum - Mudah di dapat - Memiliki umur pakai yang panjang - Mempunyai sifat mampu Las - Mampu menahan beban berat, beban tekuk dan puntir - Menggunakan rangka model "H" - Tidak mudah korosi	
3.	Perawatan	- Biaya perawatan murah - Suku cadang mudah di dapat - Mudah dilakukan perawatan	
4.	Produksi	- Dapat diproduksi bengkel kecil - Dapat dikembangkan kembali	

Ruang lingkup rancangan sistem kemudi dan kerangka utama, menerangkan tentang daerah yang dirancang. Seperti diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Diagram Struktur Fungsi mobil pengguna kursi roda

Berdasarkan diagram struktur fungsi bagian pada Gambar 4.2 selanjutnya dirancang alternatif solusi rancangan sistem kemudi dan kerangka utama berdasarkan sub fungsi bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram Pembagian Sub Fungsi Bagian

4.3.2. Tuntutan Fungsi Bagian

Deskripsi tuntutan yang diinginkan dari masing-masing fungsi bagian Gambar 4.3, sehingga dalam pembuatan alternatif dari fungsi bagian mobil pengguna kursi roda sesuai dengan yang diinginkan. Deskripsi sub fungsi bagian mobil pengguna kursi roda. Diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Deskripsi Sub Fungsi Bagian

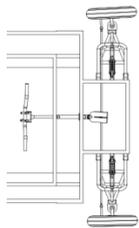
No	Fungsi Bagian	Deskripsi
1	Fungsi Rangka	Sebagai dudukan atau lantai pada kursi roda dan tempat meletakkan komponen-komponen lainnya
2	Fungsi Sistem Kemudi	Sebagai tempat mengarahkan gerak roda pada kursi roda dalam mengakses mobil

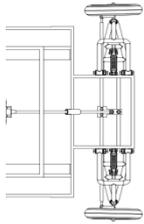
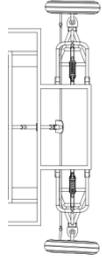
4.3.3. Alternatif Fungsi Bagian

Pada tahapan ini disusun alternatif masing-masing fungsi bagian dari mobil pengguna kursi roda yang akan dirancang. Pengelompokan alternatif disesuaikan dengan deskripsi sub fungsi bagian (Tabel 4.2.) dan dilengkapi gambar rancangan beserta keuntungan dan kerugian.

1. Fungsi Sistem Kemudi
 - 1.1 Fungsi sistem *Tie-Rod* Tabel 4.3.

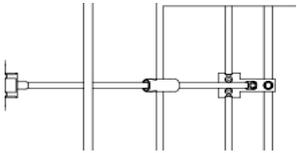
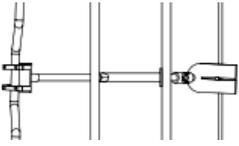
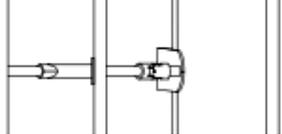
Tabel 4.3 Alternatif Fungsi Sistem Kemudi pada *Tie- Rod*

No.	Alternatif	Deskripsi
A.a1		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem Kemudi yang menggunakan 2 <i>tie-rod</i> yang disambungkan dengan menggunakan pipa besi dan menggunakan join universal

A.a2		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem Kemudi yang menggunakan 4 <i>tie-rod</i> yang disambungkan dengan menggunakan pipa besi dan menggunakan join universal
A.a3		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem Kemudi yang menggunakan 2 <i>tie-rod</i> yang disambungkan dengan menggunakan pipa besi dan menggunakan join universal

1.2 Fungsi sistem Home Steering Tabel 4.4.

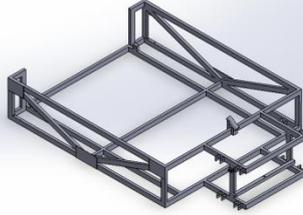
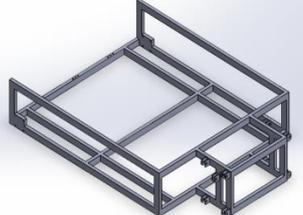
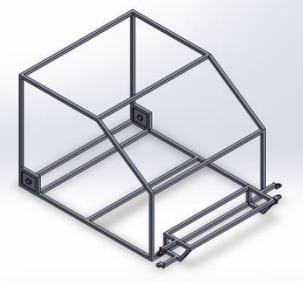
Tabel 4.4 Alternatif Fungsi Sistem *Home Steering*

No.	Alterntif	Deskripsi
A.b1		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem <i>home steering</i> yang menggunakan <i>join universal</i> yang di sambungkan dengan pelat “T” yang mengikat <i>tie-rod</i>
A.b2		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem <i>home steering</i> yang menggunakan <i>join universal</i> yang di sambungkan dengan pelat “U”
A.b3		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem <i>home steering</i> yang tidak menggunakan <i>join universal</i>

2. Fungsi Rangka

2.1 Fungsi sistem lantai ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Alternatif Fungsi Rangka Pada Sistem Lantai

No.	Alternatif	Deskripsi
B.a1		<ul style="list-style-type: none"> - Rangka tipe “H” yang menggunakan besi holo berukuran 20x40 mm
B.b2		<ul style="list-style-type: none"> - Rangka tipe “H” yang menggunakan besi holo berukuran 40x40
B.c3		<ul style="list-style-type: none"> - Rangka tipe “H” dengan menggunakan besi holo berukuran 40x40 dan memiliki rusuk atap

4.3.4. Pembuatan Alternatif Keseluruhan

Pada tahap ini alternatif fungsi bagian dipilih dan digabung satu sama lain sehingga terbentuk sebuah varian konsep rangka mobil pengguna kursi roda dengan jumlah varian minimal 3 jenis varian konsep. Hal ini dimaksudkan agar dalam proses pemilihan terdapat pembandingan dan diharapkan dapat dipilih varian konsep yang dapat memenuhi tuntutan yang diinginkan. Alternatif fungsi bagian dibuat dalam bentuk kotak morfologi seperti yang diperlihatkan pada Table 4.6

Tabel 4.6 Kotak Morfologi

NO	Fungsi Bagian	Varian Konsep (V)		
		Alternatif Fungsi Bagian		
1	Fungsi Sistem Muat	A.a1	A.a2	A.a3
		A.b1	A.b2	A.b3
2	Fungsi Rangka	B.a1	B.a2	B.a3
		V-I	V-II	V-III

Dengan menggunakan kotak morfologi, alternatif-alternatif fungsi bagian tersebut dikombinasikan menjadi alternatif fungsi secara keseluruhan. Untuk mempermudah dalam membedakan varian konsep yang telah disusun disimbolisasikan dengan huruf “V” yang berarti varian.

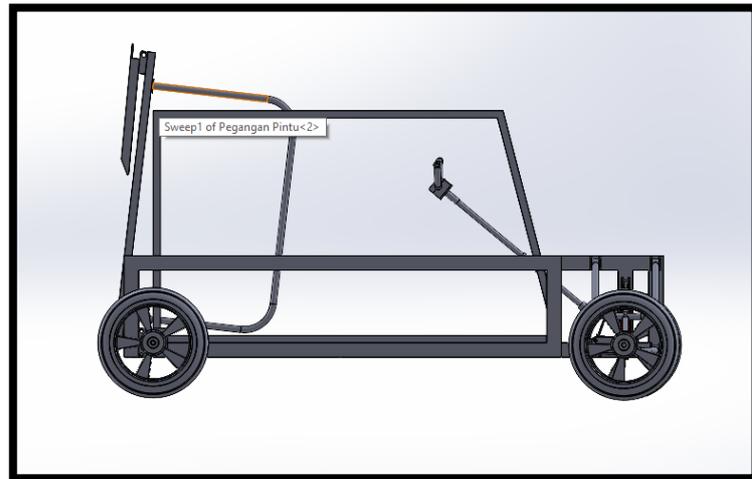
4.3.5. Variasi Konsep

Berdasarkan kotak morfologi pada Tabel 4.6, maka diperoleh 3 (tiga) varian konsep yang ditampilkan dalam model 2D. Setiap kombinasi varian konsep yang dibuat kemudian dideskripsikan alternatif fungsi bagian yang dipakai, cara kerja, serta keuntungan dan kerugian dari kombinasi varian konsep tersebut sebagai rangka mobil pengguna kursi roda.

Varian konsep rangka mobil pengguna kursi roda yang telah dikombinasikan berdasarkan kotak morfologi (Tabel 4.6), ketiga varian konsep tersebut adalah sebagai berikut:

A. Varian Konsep 1

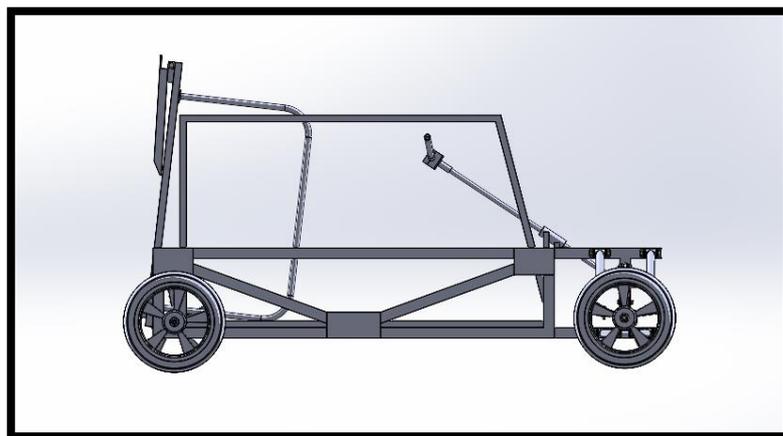
Merupakan kombinasi fungsi sistem rangka dan kemudi yang menggunakan rangka tipe “H” dengan rancangan sederhana, dan pada bagian *home steering* menggunakan *universal join* dengan disambungkan menggunakan pelat pengarah arah belok pada roda, pada *system* kemudi menggunakan 2 *tie-rod* yang di sambung dengan poros panjang. Varian konsep 1 diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Varian Konsep 1

B. Varian Konsep 2

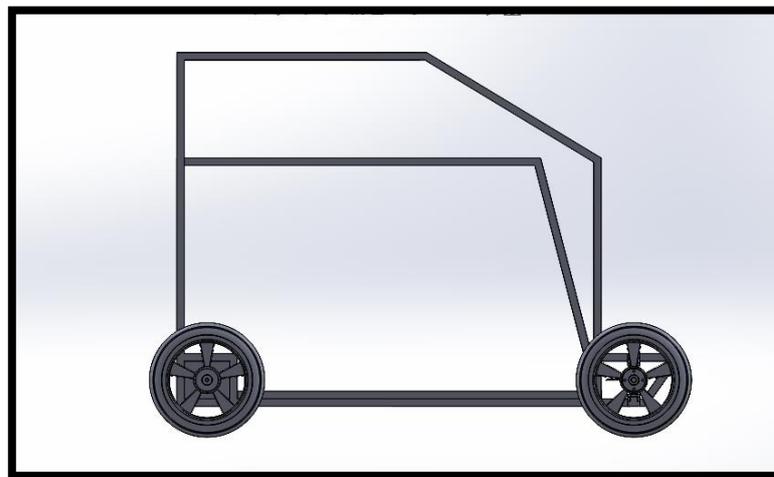
Merupakan kombinasi fungsi sistem rangka dan kemudi yang menggunakan rangka tipe “H” dengan rancangan dengan tambahan besi holo pada bagian belakang rangka dan samping, dan pada bagian *home steering* menggunakan *universal joint* dengan disambungkan menggunakan pelat pengarah arah belok pada roda, pada *system* kemudi menggunakan 4 *tie-rod* yang di sambung dengan poros. Varian konsep 1 diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Varian Konsep 2

C. Varian Konsep 3

Merupakan kombinasi fungsi sistem rangka dan kemudi yang menggunakan rangka tipe “H” dengan rancangan dengan tambahan besi holo pada bagian belakang rangka dan samping, dan terdapat rangka bagian atap mobil. Pada bagian *home steering* menggunakan *universal joint* dengan disambungkan menggunakan pelat pengarah yang dipasang pada sudut 30°, pada *system* kemudi menggunakan 2 *tie-rod* yang di sambung dengan poros. Varian konsep 1 diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Varian Konsep 3

4.3.6. Penilaian Variasi Konsep

Setelah menyusun alternatif fungsi keseluruhan, penilaian variasi konsep dilakukan untuk memutuskan alternatif yang akan ditindaklanjuti ke proses optimasi dan pembuatan draft. Kriteria aspek penilaian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu penilaian aspek teknis dan aspek ekonomis. Skala penilaian yang diberikan untuk menilai setiap varian terdapat pada Tabel 4.7 dan 4.8

Tabel 4.7 Skala Penilaian Varian Konsep

1	2	3	4
Kurang Baik	Cukup Baik	Baik	Sangat Baik

Tabel 4.8 Kriteria Penilaian Teknis

No	Kriteria Penilaian	Nilai Ideal	Varian Konsep 1		Varian Konsep 2		Varian Konsep 3	
1	Elemen Mesin	4	2	8	3	12	2	12
2	Standardisasi	4	2	8	3	12	3	12
3	Manufaktur	4	2	8	4	16	2	8
4	Material	4	4	16	4	16	3	12
5	Perakitan	4	3	12	4	16	2	8
6	Perawatan	4	2	8	4	16	2	8
Total		96	60		88		50	
% Nilai		100%	63%		91,67%		52%	

Tabel 4.9 Kriteria Penilaian Ekonomis

No	Kriteria Penilaian	Nilai	Varian Konsep 1		Varian Konsep 2		Varian Konsep 3	
1	Biaya Pembuatan	4	2	8	4	16	2	12
2	Biaya Perawatan	4	4	16	4	16	2	8
Total			24		32		20	
% Nilai			25%		33%		21%	

4.3.7. Keputusan

Dari proses penilaian yang telah dilakukan seperti di atas, varian konsep yang dipilih adalah varian dengan presentasi mendekati 100 persen. Dari varian konsep tersebut kemudian dioptimasi sub fungsi yang ada sehingga diperoleh hasil rancangan yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Varian yang dipilih adalah varian konsep 2 (V-II) dengan nilai 91,67% dalam aspek teknis dan 33% dalam aspek ekonomis untuk ditindaklanjuti dan dioptimalisasi dalam proses rancangan *system* kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda.

4.4 Detailed Design

Proses detail desain dari masing-masing komponen (ukuran & toleransi) dan proses manufaktur rancangan kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda sebagai berikut :

4.4.1 Pembuatan Rangka tipe “H”

Setelah varian konsep terpilih maka dilakukan proses manufaktur yaitu pembuatan Rangka tipe “H” dan langkah pembuatan sebagai berikut

4.4.1.1 Proses Pemotongan Besi Holo Rangka 20x40

01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
02. Mengatur mesin (gerinda tangan)
03. *Marking out*
04. Melakukan setting mata potong
05. Proses pemotongan
 - 1). Proses pada Mesin Gerinda Tangan
 - 1.01. Periksa mesin gerinda tangan
 - 1.02. Ubah mata gerinda dengan mata gerinda potong
 - 1.03. Gunakan APD
 - 1.04. Potong besi holo (20mm x 40mm) dengan perlahan sesuai *marking out*

4.4.1.2 Proses Pengelasan Rangka

01. Periksa benda kerja
02. Menyiapkan mesin dan kawat
03. Penyusunan besi
04. Proses benda kerja
 - 1). Proses pada Mesin Las
 - 1.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 1.02. Setel *ampere* mesin menggunakan elektroda 2,6mm
 - 1.03. Lakukan *tack weld* pada besi holo panjang 1500mm dan 340mm
 - 1.04. Lakukan *tack weld* pada besi holo panjang 1260 terhadap besi

holo 340mm

1.05. Lakukan *tack weld* pada besi holo 1260 terhadap titik tengah besi holo 1500mm

1.06. Lakukan *tack weld* pada besi holo 560 terhadap besi holo 400

1.07. Lakukan *tack weld* pada besi holo 340 terhadap besi holo 400

1.08. Lakukan pengelasan full pada bagian besi holo yang telah di *tack weld*

1.09. Bersihkan terak-terak las

1.10. Ratakan hasil pengelasan

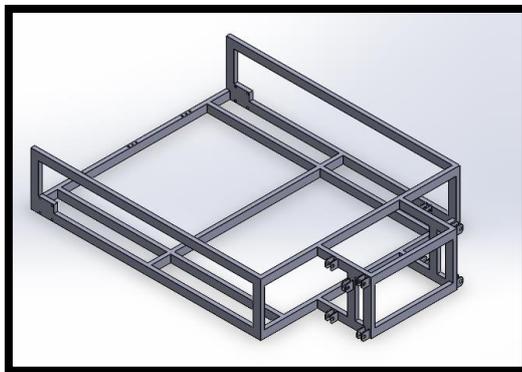
2). Proses pada Gerinda Tangan

2.01. Periksa mesin

2.02. Ubah mata gerinda tangan dengan mata asah/poles

2.03. Lakukan perataan hasil pengelasan

2.04. Lakukan perataan sampai permukaan las sama rata dengan besi holo



Gambar 4.6 Rangka tipe “H”

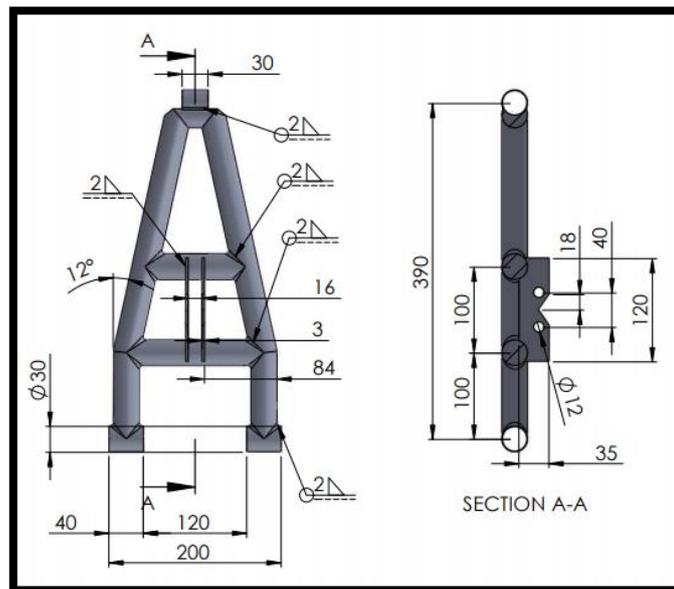
4.4.2 Pembuatan *Bracket* Sistem Kemudi

Setelah varian konsep terpilih maka dilakukan proses manufaktur yaitu pembuatan braket bagian bawah dan langkah pembuatan sebagai berikut :

4.4.2.1 Proses Pembuatan Braket Bawah

01. Periksa benda kerja

02. Menyiapkan bahan (pipa 1 inchi)
03. *Marking out*
04. Menyiapkan alat (gerinda tangan)
05. Proses pemotongan
 - 1). Proses pada Mesin Gerinda Tangan
 - 1.01. Periksa mesin gerinda tangan
 - 1.02. Ubah mata gerinda menjadi mata potong
 - 1.03. Lakukan pemotongan pipa sesuai marking out
 - 2). Proses Pengelasan
 - 2.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
 - 2.02. Setel mesin
 - 2.03. Lakukan *tack weld* benda kerja
 - 2.04. Lakukan pengelasan full pada bagian yang telah di *tack weld*



Gambar 4.7 *Bracket Bawah*

4.4.2.2 Proses Pembuatan Braket Atas

01. Menyiapkan bahan (pipa 1 inchi)
02. *Marking out*
03. Menyiapkan alat (gerinda tangan)

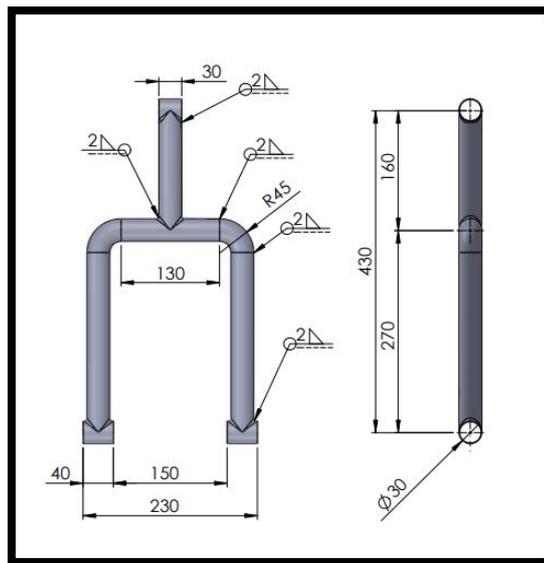
04. Proses pemotongan

1). Proses pada Mesin Gerinda Tangan

- 1.01. Periksa mesin gerinda tangan
- 1.02. Ubah mata gerinda menjadi mata potong
- 1.03. Lakukan pemotongan pipa sesuai *marking out*

2). Proses Pengelasan

- 2.01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
- 2.02. Setel mesin
- 2.03. Lakukan *tack weld* benda kerja
- 2.04. Lakukan penyambungan *elbow linchi*, *tack weld* terlebih dahulu
- 2.05. Lakukan pengelasan *full* pada bagian yang telah di *tack weld*



Gambar 4.8 *Bracket Atas*

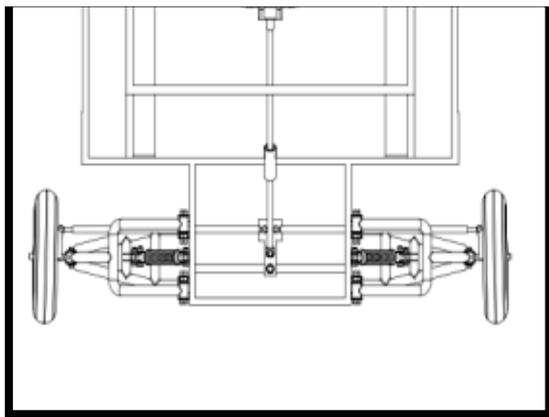
4.4.3 Perakitan Sistem Kemudi

Setelah varian konsep terpilih maka dilakukan proses manufaktur yaitu perakitan sistem kemudi dan langkah pembuatan sebagai berikut :

4.4.3.1 *Setting Tie-Rod*

01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
02. Menyiapkan alat, kunci 17 dan kunci 12

03. Menyiapkan bahan, as long tie-rod, pipa ½ inch
04. *Marking out*
05. Proses perakitan/*assembly*
 - 1). Pemotongan *As Long Tie-Rod*
 - 1.01. Potong *as long tie-rod* dengan mengambil titik tengah
 - 1.02. Sambungkan *as long tie-rod* dengan pipa ½ inch
 - 1.03. Lakukan pengelasan untuk penyambungan *as long tie-rod* dengan pipa ½ inch
 - 1.04. Lakukan penggerindaan untuk meratakan hasil pengelasan
 - 2). Pemasangan Plat Dudukan *Tie-Rod*
 - 2.01. Pasang plat dengan menghubungkan *as* poros stang, lalu pasang di rangka/dudukan plat
 - 2.02. Masukkan tie-rod kedalam lubang yang telah di bor sebelumnya
 - 2.03. Hubungkan *as long tie-rod* ke *as* roda yang ada di breket
 - 2.04. Kencangkan baut *as long tie-rod*
 - 3). Pemasangan stoper
 - 3.01. Bor pipa *as long tie-rod*
 - 3.02. Pasang baut M12 ke pipa yang telah di bor
 - 3.03. Tentukan kemiringan roda



Gambar 4.9 *Tie-rod* Sistem

4.4.3.2 *Setting Stang*

01. Periksa benda kerja dan gambar kerja
02. Menyiapkan alat dan bahan

03. *Marking out*

04. Proses perakitan

1). Penyambungan Poros Stang

1.01. Potong pipa $\frac{1}{2}$ inchi

1.02. Lakukan pengelasan pipa $\frac{1}{2}$ inch dengan poros stang

1.03. Pasang *home stir*

1.04. Pasang poros ke *home stir*

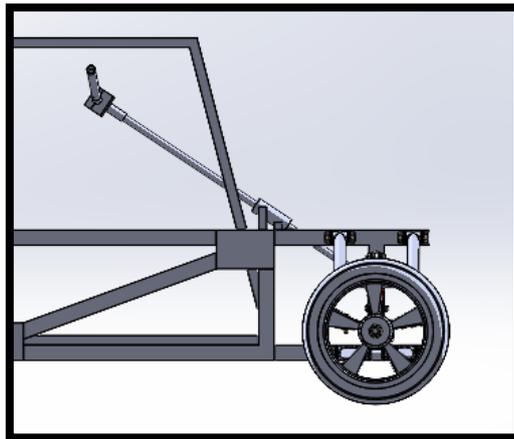
2). Pemasangan Stang

2.01. Pasang dudukan stang ke poros *home stir* dengan di las ke *jig*

2.02. Pasang baut stang dengan menghubungkan klem stang

2.03. Gunakan baut *inbus* M8

2.04. Setting stang sesuai dengan yang ditentukan



Gambar 4.10 *HandleBar*

4.5 Analisis Keteknikan

Proses analisis hitungan dari rancangan kemudi dan kerangka utama pada mobil pengguna kursi roda sebagai berikut :

4.5.1 Analisa Perhitungan Kemudi

Pada tahapan ini dilakukan analisa perhitungan pada perancangan yang telah dioptimasi untuk mengetahui sudut belok pada system kemudi mobil. Untuk perhitungan radius kendaraan dapat digunakan persamaan 2.1 dan mengacu pada gambar 2.3 perhitungan radius kemudi adalah sebagai berikut :

Data yang diketahui adalah sebagai berikut :

- $L_f = 1,52$ meter
- $L_r = 1,52$ meter
- $\delta_f = 30^\circ$

Berdasarkan data diatas, dihitung besar gaya yang terjadi dan besar tegangan bengkok pada setiap penampang yang dipotong. Perhitungan besar gaya sebagai berikut :

Jawab :

$$R = L_f + L_r \cdot \frac{57,29(2.1)}{\delta_f} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$R = 1.52 + 1.52 \cdot \frac{57,29(2.1)}{\delta_f}$$

$$R = 3.04 \cdot \frac{57,29(2.1)}{30}$$

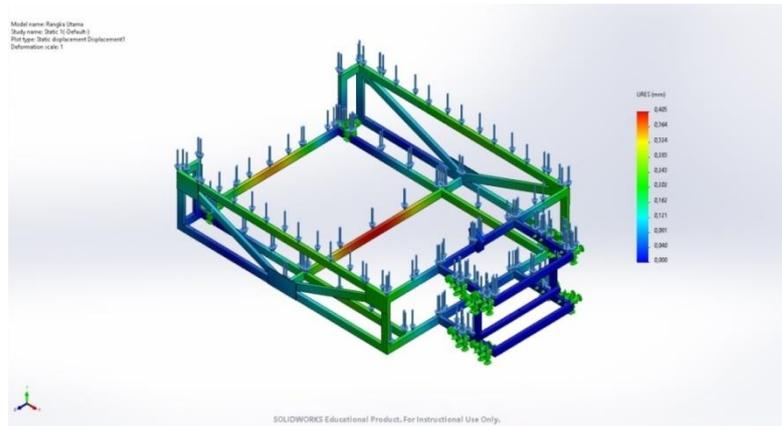
$$R = 3.04 \cdot \frac{120,309}{30}$$

$$R = 3.04 \cdot 4,0103$$

$$R = 12,19 \text{ Meter}$$

4.5.2 Analisa Pembebanan pada Rangka

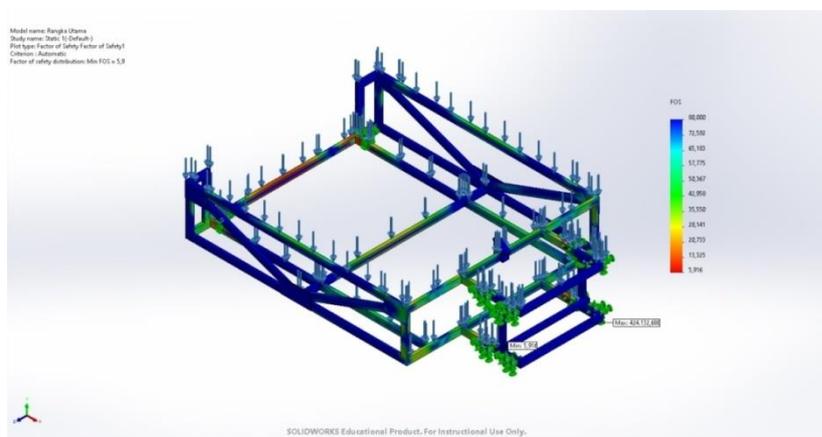
Simulasi pembebanan pada rangka utama mobil listrik ini berdasarkan Gambar 4.12



Gambar 4.11 Simulasi Pembebanan pada Rangka

Berdasarkan Gambar 4.12 tegangan maksimal yang terjadi sebesar $42,255 \text{ N/mm}^2$ atau sama dengan $42,255 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Jadi, setelah dilakukan perbandingan dengan tegangan izin sebesar $5,000 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dapat disimpulkan bahwa rangka utama ukuran $1300 \times 1500 \times 340 \text{ mm}$ aman jika menerima gaya sebesar 2.000 N .

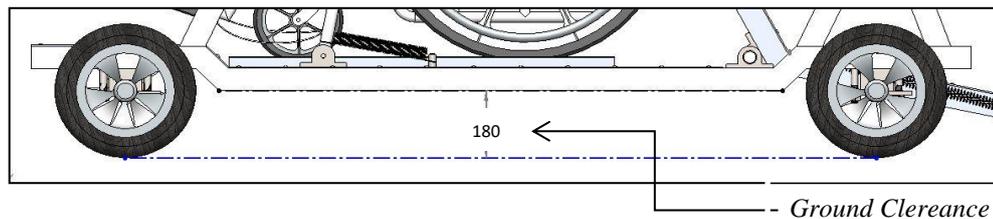
Berdasarkan Gambar 4.13, faktor keamanan minimal rangka yaitu $5,916$ dan *factor* maksimal yaitu $424,132,688$ maka dengan demikian rangka sudah dikategorikan aman bila menerima beban $2,000 \text{ N}$



Gambar 4.12 *Safety Factor*

4.5.3 Analisa *Ground Clearance*

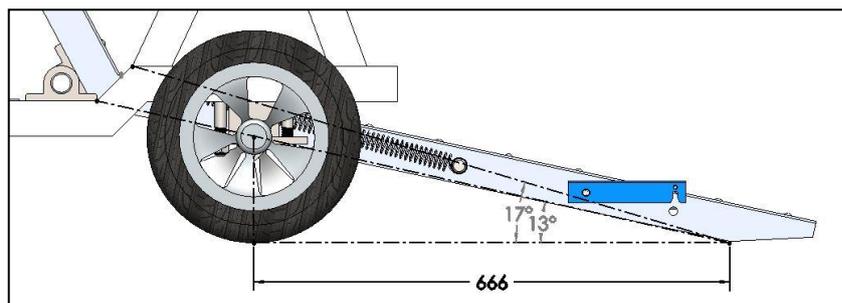
Seperti Gambar 4.14. dibawah ini menunjukkan *ground clearance* tercapai 18 cm. menentukan *ground clearance* 18 cm dikarenakan pada kendaraan roda empat pada umumnya, terutama kendaran di Indonesia menyesuaikan dengan keadaan jalanan umum sehingga *ground clearance* tersebut merupakan maksimal dari aturan untuk kendaraan kota.



Gambar 4.13 Analisa *Ground Clearance* Pada mobil pengguna Kursi Roda

4.5.4 Analisa Dalam Memungkinkan Wanita Dapat Mengakses Kursi Roda Ke Mobil

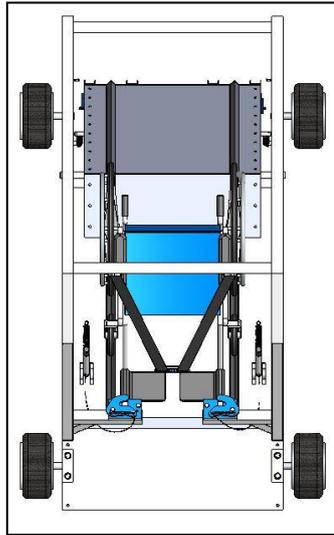
Seperti Gambar 4.15, dibawah ini menunjukkan wanita dapat mengakses dikarenakan kemiringan yang dihasilkan rendah sehingga pada saat mengakses tidak membutuhkan tenaga yang cukup besar.



Gambar 4.14 Analisa Dalam Memungkinkan Wanita Dapat Mengakses Kursi Roda Ke Mobil

4.5.5 Analisa Tempat Akses Cukup Nyaman

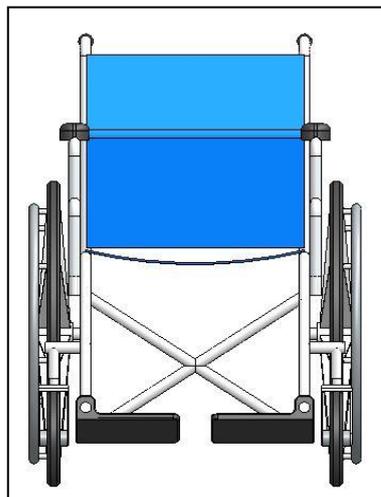
Seperti Gambar 4.16 dibawah ini menunjukkan bahwa tempat akses cukup nyaman bagi pengguna karena terdapat sisa 20 cm pada sisi kiri dan kanan pengguna.



Gambar 4.15 Analisa Tempat Akses Cukup Nyaman

4.5.6 Analisa Prioritas Untuk Kursi Roda Yang Sejajar

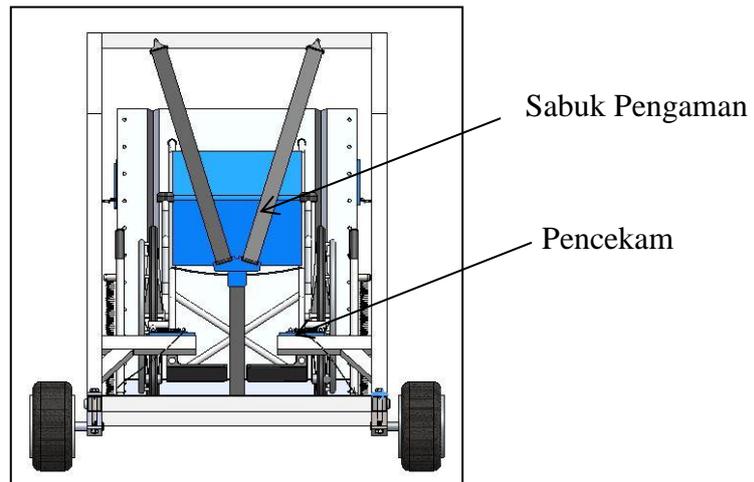
Seperti Gambar 4.17 dibawah ini menunjukkan bahwa kursi roda yang diprioritaskan adalah kursi roda yang memiliki sumbu yang sejajar secara vertikal.



Gambar 4.16 Analisa Prioritas Untuk Kursi Roda Yang Sejajar

4.5.7 Analisa Keselamatan

Seperti Gambar 4.17 menunjukkan bahwa komponen-komponen yang ada pada rangka mobil ini mengutamakan keselamatan, dengan dibuktikan adanya sabuk pengaman dan pencekam bagian kursi roda



Gambar 4.17 Analisa Keselamatan

4.5.8 Hasil Ujicoba

Seperti Tabel 4.10, data hasil ujicoba yang telah didapat yaitu data sudut belok roda 25° dengan radius belok mobil yaitu 3350 mm dengan panjang total mobil 2200 mm , lebar 1600 mm dan tinggi mobil 1250 mm, *ground clearance* 180 mm

No.	Bagian	Hasil
1.	Sudut Belok Roda	25°
2.	Radius Belok Mobil	3350 mm
3.	Panjang Mobil	2200 mm
4.	Lebar Mobil	1600 mm
5.	Tinggi Mobil	1250 mm
6.	<i>Ground Clearance</i>	180 mm

Tabel 4.10 Hasil Ujicoba

4.5.9 Perawatan Sistem Kemudi Mobil Listrik Pengguna Kursi Roda

4.5.9.2 *Balancing Roda*

Balancing roda depan berguna untuk menyeimbangkan/menstabilkan ban, menghilangkan getaran yang mengganggu *handling*, *balancing* juga mencegah karet bundar habis sebagian yang terjadi pada mobil pengguna kursi roda. Untuk *balancing* sendiri memiliki beberapa macam yaitu; *Balance Statis*, Roda yang dalam kondisi *balance statis* jika pada roda tersebut terdapat titik yang bagian itu menjadi terlalu berat atau ringan. Spot masa pada ban akan menjadikan ban bergulir/berputar secara tidak merata. Kondisi ini mengakibatkan saat roda berputar juga timbul gerakan naik-turun pada porosnya. *Balance dinamis*, terjadi jika terdapat beban yang tidak merata pada satu atau kedua sisi tengah ban dan *velg*. *Balancing* dilakukan dengan menggunakan mesin *balancing* roda khusus ban motor. Mengapa memakai mesin khusus ban motor, dikarenakan ban dan *velg* yang digunakan pada mobil listrik pengguna kursi roda sendiri menggunakan *velg* motor *matic* yang berukuran 14 *inchi*. Jadi untuk *balancing* digunakan mesin *balancing* roda khusus roda motor (*Motor Tyre Balancer*). Angka ideal ketika ban sudah stabil adalah mesin menunjukkan angka 0 (nol) pada kedua sisi ban. Untuk mendapatkan kondisi ideal, maka pada ban perlu ditempelkan pemberat yang terdiri dari ukuran 10-60 *gram*..

Cara yang digunakan adalah :

1. Memasukkan ban ke mesin *balancing*,
2. Ukur jarak *velg* dengan sumbu roda, lebar *velg*, dan diameter *velg*,
3. Memasukkan ukuran yang telah diukur tadi ke mesin *balancing*, kemudian putar roda beberapa saat
4. Sesudah diputar mesin *balancing* akan menunjukkan sisi ban sebelah mana yang perlu di *balancing*
5. Tempelkan pemberat pada mesin *balancing* yang terdiri dari ukuran 10,20,30,40,50,60 *gram*.
6. Sesuaikan pemberat yang sesuai, sesuai angka yang tertera pada mesin *balancing*.

7. Setelah dipasang pemberat, putar kembali ban/roda untuk melihat angka yang tertera pada mesin *balancing*.
8. Jika angka pada mesin *balancing* sudah tertera 0, maka ban/roda dapat dipasang ke mobil pengguna kursi roda.

4.5.9.2 Bearing

Bearing merupakan salah satu komponen penting yang ada di rancangan sistem kemudi mobil listrik pengguna kursi roda. *Bearing* tersebut meliputi *bearing* di Roda dan pada bagian *Homestir/Komstir*. *Bearing* yang digunakan adalah *bearing* 6003-Z. *Bearing* roda ini didesain minim friksi, sehingga sewaktu roda berputar dapat terjaga kestabilannya. Fungsi *bearing* roda untuk menjaga poros atau *as* roda supaya tidak bergesekan langsung dengan roda. Tapi sayangnya *bearing* roda ini sering luput dari perawatan. Sehingga banyak kejadian putaran roda motor lebih berat lantaran *bearing* roda sudah goyang maupun aus akibat minim perawatan.

Komstir terdiri dari dua bagian yaitu bagian bawah dan bagian atas. Jika komstir mengalami kerusakan bisa di rasakan pengendara seperti kemudi yang berat atau malah kemudi jadi goyang (*oblak*). Ciri-ciri kerusakan pada komstir ada 2 yaitu kencang dan longgar. Bila komstir motor terlalu kencang, maka kemudi akan terasa belok sendiri pada saat berada dibelokan dalam kecepatan rendah, sedang, dan tinggi.

Variasi kekencangan komstir bisa mengakibatkan pengendara susah dalam *handle* performa kecepatan dalam berakurasi. Akibatnya bisa menyebabkan kecelakaan karena pengendara sulit mengontrol saat terjadi insiden yang mungkin di luar dugaan dalam kecepatan tinggi. Sedangkan apabila komstir terlalu longgar, saat mesin normal di kecepatan sedang, stir tidak akan merasakan apa-apa dan pada kecepatan tinggi pun sama. Akan tetapi akan terasa ketika bertemu polisi tidur atau lubang-lubang yang cukup memberikan guncangan pada saat berkendara, stang terdapat bunyi dan goyang pada saat melintasi jalan berlubang atau jalan yang tidak rata.

a. *Bearing* Roda

Bearing roda merupakan bagian yang sangat vital, oleh karena itu *bearing* roda perlu perawatan rutin, berikut perawatan yang harus dilakukan:

1. Pelumasan

Pelumasan merupakan salah satu perawatan yang harus dilakukan pada *bearing* roda. Pelumas yang digunakan adalah *grease* atau gemuk lumas. Untuk *bearing* roda yang salah satu sisinya terbuka sebaiknya diberikan *grease* agar tidak mudah rusak. Untuk pilihan *grease* yang digunakan adalah *Deltalube 056 General Purpose Grease*. Mengapa pakai *grease* itu karena, *Deltalube 056 General Purpose Grease* adalah gemuk pelumas untuk pemakaian yang bersifat umum dengan *life time* yang jauh lebih panjang daripada dengan gemuk – gemuk biasa. Cara pengaplikasian *grease* pada roda adalah dengan cara diolesi pada bagian yang terbuka, biasa diolesi dengan tangan agar lebih merata. Olesi *bearing* secukupnya, jangan terlalu banyak agar *grease* tidak menumpuk yang dapat menyebabkan penumpukan *grease* dan melekatnya kotoran.

2. Menghindari Jalan Rusak

Menghindari jalan rusak merupakan salah satu cara untuk menjaga umur *bearing*. Sering melintasi jalan rusak bisa menjadikan *bearing* menjadi cepat rusak. Kerusakan *bearing* roda, bisa diketahui dengan pergerakan motor yang terasa tidak stabil dikarenakan bulir yang ada di dalam *bearing* roda sudah longgar dan tidak lagi presisi.

Untuk memantau kondisi *bearing* roda sudah rusak atau belum, cek roda dengan cara digoyangkan ke kiri dan kanan. Jika roda terasa goyang, maka tandanya *bearing* roda sudah rusak. *bearing* roda tidak bisa diperbaiki, apabila mengalami kerusakan maka harus segera diganti dengan yang baru.

b. *Homestir*/Komstir

Homestir/Komstir terdiri dari dua bagian yakni bagian bawah dan atas. Pelumasan bagian komstir ini sangat berpengaruh pada stang. Pelumasan *bearing* komstir meliputi pemberian pada *grease* pada bagian komstir. Pemberian *grease* berguna untuk melindungi bola-bola *bearing* dari kotoran, air agar tidak mudah rusak, seperti halnya *bearing* roda, dengan menghindari jalan rusak dapat memperpanjang umur komstir, untuk melakukan perawatan komstir harus selalu

mengecek kondisi stang apakah sudah oblok/goyang. Cara yang bisa dilakukan jika *bearing* rusak adalah dengan cara mengencangkan komstir dengan memutar/mengencangkan mur setelan yang terdapat di bawah dan atas *homestir*. Jika hal tersebut tidak bisa mengatasi *homestir* yang kendur maka harus dilakukan pergantian *bearing* komstir yang baru.

c. *Joint Steering Universal*

Joint steering yang digunakan pada mobil listrik pengguna kursi roda adalah *joint steering* untuk mobil *grand max manual*. Perawatan pada *joint steering* adalah dengan cara melumasi *joint* tersebut, pelumasan pada *joint* dapat menggunakan *bearing*, selain itu selalu memeriksa kondisi *joint*, jika memang *joint* tidak bisa digunakan lagi ganti *joint* dengan yang baru.

d. *Tie Rod*

Tie Rod merupakan sebuah komponen yang terdapat pada sistem kemudi atau sistem *steering*. *Tie-Rod* bisa dibilang memegang peranan yang begitu penting untuk bisa membuat mobil dapat berjalan dengan mudah serta bisa dikendalikan. Maka dari itu komponen ini benar-benar harus diperlakukan dengan cukup baik disertai sering mendapat perawatan.

Terletak diantara *steering* dan *knuckle* roda depan, adanya *tie-rod* tersebut akan menjadi penghubung kedua bagian tersebut. Yang dimana apabila digerakkan ke salah satu arah, maka otomatis roda pun akan mengikuti gerakan tersebut. Sehingga mobil pun akan dapat berbelok sesuai dengan putaran *tie-rod* mobil. Berikut cara melakukan perawatan pada *tie-rod*:

1. Angkat bagian roda depan, kemudian goyangkan bagian roda ke sisi kanan dan kiri untuk melihat apakah kondisi roda oblok atau tidak. Jika ya maka bisa dipastikan *tie-rod* bermasalah.
2. Kemudian, bisa mencoba untuk memutar stang ketika roda depan diangkat. Jika terasa berat maka bisa dipastikan *tie-rod* aman, namun jika stang terasa enteng maka *tie-rod* bermasalah karena *ball joint* yang sudah mulai rusak.
3. Kemudian juga bisa melihat pada bagian karet pembungkus *ball joint*, pastikan bahwa kondisi karet tersebut baik mengingat karet ini menjadi wadah untuk pelumas *ball joint*.

4. Dan jika semua cara memperbaiki *tie-rod* mobil diatas sudah dilakukan, namun tidak ada hasil. Dapat memperbaikinya dengan cara mengganti dengan yang baru.

e. Tekanan Angin Ban

Ban yang digunakan untuk mobil listrik pengguna kursi roda, menggunakan *velg* ukuran *ring/velg 14 inchi*. Jadi untuk bannya sendiri, khususnya ban depan menggunakan ban dengan ukuran *70/90-14 tube type*. Jadi untuk menjaga kestabilan roda sendiri perlu menjaga tekanan angin pada ban, tekanan angin yang sesuai untuk mobil pengguna kursi roda sendiri sesuai dengan standar tekanan angin yang diperlukan oleh ban tersebut. Tekanan angin tersebut adalah kisaran *29 Psi*.

f. Breket (*Swing arm depan*)

Untuk bereket sendiri perawatan yang dilakukan adalah pada bagian *bushing* dan *as* roda, untuk *as* roda sendiri menggunakan *as* roda tipe *knuckle tromol universal* yang biasa digunakan pada *buggy* atau motor *Atv*. Perawatan tersebut meliputi pemberian pelumas berupa *grease* pada setiap komponen yang berputar dan bergerak. Pemberian *grease* dilakukan untuk menjaga agar tidak terjadi keausan pada *bushing* serta baut-baut yang ada pada breket (*swing arm*).

4.6 Gambar Teknik

Rancangan yang telah dianalisis kemudian dibuat gambar susunan dan gambar bagian (terlampir). Selain itu juga dibuat simulasi pembebanan menggunakan *software Solidworks*. Diharapkan dapat memberikan gambaran fungsi sistem kemudi dan sistem rangka pada mobil listrik pengguna kursi roda.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh dari kegiatan perancangan rangka mobil pengguna kursi roda, sebagai berikut:

1. Terwujudnya rancangan sistem kemudi dan sistem rangka pada mobil listrik pengguna kursi roda dengan uraian sebagai berikut :
 - a. Rangka utama mampu menahan beban 2.000 N
 - b. Memungkinkan diakses oleh wanita karena engsel pada sistem buka tutup kami majukan posisinya dan panjang buka tutup kami rancang lebih panjang sedikit, sehingga derajat lebih rendah dan berdampak tenaga yang dikeluarkan tidak besar.
 - c. Prioritas untuk kursi roda yang sejajar pada sumbu secara vertikal.
2. Terwujudnya simulasi kekuatan rangka mobil pengguna kursi roda yang uraian sebagai berikut :
 - a. Gaya yang diterima rangka pada saat pengguna mengakses dan komponen-komponen pendukung yaitu sebesar 2.000 N dan telah dihitung secara software, konstruksi ini aman.

5.2. Saran

Berikut ini beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh pembaca untuk pengembangan rancangan rangka mobil pengguna kursi roda pada penelitian selanjutnya:

- Rancangan dapat disempurnakan kembali dalam hal cara pengguna mengakses mobil tanpa menggunakan kelistrikan dalam komponennya.
- Pada fungsi pencekam agar dilakukan optimasi kembali sehingga lebih memudahkan pengguna

DAFTAR PUSTAKA

- H.Muladi, 2005, *Hak Asasi Manusia Hakekat, Konsep & PT Refika Aditama*, Bandung, hlm. 255. *Implikasinya Dalam Perspektif Hukum Dan Masyarakat*, Penerbit
- Pipih Sopiah. 2010. *Demokrasi di Indonesia*. Jakarta: Nobel Edumedia. Halaman 6
- Eny Hikmawati dan Chatarina Rusmiyati, “*Kebutuhan Pelayanan Sosial Penyandang Cacat*”, Jurnal Informasi Volume 16 Nomor 1 Tahun 2011, hal 18
- UU Penyandang Disabilitas 2016, Bab IV Pelaksanaan Penghormatan, Pelindungan, dan Pemenuhan Hak Penyandang Disabilitas, Bagian Kedua Belas Pelayanan Publik, Pasal 105 s.d Pasal 108
- Republik Indonesia. 2009. Undang-undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan. Lembaran Negara RI tahun 2009, No. 135. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Philipus M Hadjon. 1987. *Perlindungan Hukum Bagi Rakyat Indonesia*. Surabaya. PT Bina Ilmu. Hal 2
- Sularso & Suga, K., 1979. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. s.l.:Pradnya Paramita.
- Ruswandi, A., 2004. *Metoda Perancangan I*. Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.
- Batan, I Made London. 2012. *Pengembangan produk*. Surabaya : Diktat Kuliah Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS
- David G. Ullman. 2009. *The mechanical design process ed*. McGraw-Hill.
- Ayu A. P .2018, *Perancangan Ulang Kursi Roda Manual Menggunakan Kriteria Standar ISO 7176-5*. Surakarta :Universitas Sebelas Maret,
- Tamzir Rizal. 1999. *Casis dan Pindah Tenaga*. Bandung

LAMPIRAN

