

RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI DAN RODA MOBIL
LISTRIK *OMNIDIRECTION* UNTUK PENGGUNAAN DI
TERMINAL BANDAR UDARA



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

RAHMAT HIDAYATULLAH S. IGRISA 444 20 081

WAQIAH SYAFITRI 444 20 096

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

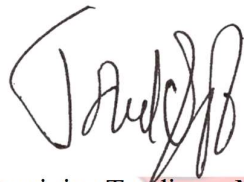
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” oleh Rahmat Hidayatullah S. Igirisa NIM 444 20 081 dan Waqiah Syafitri NIM 444 20 096 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 29 September 2021

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ir. Remigius Tandioaga, M.Eng.Sc.
NIP. 19621210 199003 1 005



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T.
NIP. 19590913 198803 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi,



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T.
NIP. 19590913 198803 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Minggu 29 September 2021, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: Rahmat Hidayatullah S. Igirisa NIM 444 20 081 dan Waqiah Syafitri NIM 444 20 096 dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara”

Makassar, 29 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi :

- | | | | |
|----|---|------------|---|
| 1. | Ir. Lewi, M.T. | Ketua | () |
| 2. | Imran Habriansyah, S.ST., M.T., | Sekretaris | () |
| 3. | Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Anggota | () |
| 4. | Dr.Eng. Abdul Kadir Muhammad,S.T.,M.Eng | Anggota | () |
| 5. | Ir. Remigius Tandioga, M.Eng.Sc. | Anggota | () |
| 6. | Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T. | Anggota | () |

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi ini, yang berjudul judul “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun berdasarkan pengerjaan tugas akhir yang telah penulis lakukan selama kurang lebih dua bulan. Penyusunan skripsi ini penulis lakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Diploma IV Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Skripsi ini dapat penulis susun dengan baik karena adanya masukan dan dukungan dari berbagai pihak, baik yang berupa informasi, arahan dan bimbingan, oleh karena itu penulis mengucapkan sebanyak – banyaknya terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat karunianya lah sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan oleh penulis.
2. Ibu dan Ayah yang sangat penulis cintai. Tidak terkira banyaknya dukungan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D., selaku Koordinator Jurusan Teknik Mesin.

5. Bapak Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mekatronika dan juga selaku pembimbing II.
6. Ir. Remigius Tandioga, M.Eng.Sc. selaku Dosen dan pembimbing I. Begitu banyak memberi bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Dosen dan Tenaga Kependidikan Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Teman – teman seperjuangan dari Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Ujung Pandang angkatan 2021 yang telah banyak meluangkan waktu dan kesempatan untuk membantu dan mendukung proses pengerjaan tugas akhir serta skripsi penulis.
9. Pihak – pihak yang secara langsung maupun tidak yang telah memberikan kontribusi dalam proses pengerjaan tugas akhir serta skripsi penulis.

Penulis menyadari bahwa ada kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan adanya *feedback* baik berupa saran ataupun kritikan dari pembaca sehingga menjadi bahan bagi penulis untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi pembaca secara umum dan bagi penulis secara khusus.

Makassar, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
SURAT PERNYATAAN	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Kemudi.....	5
2.2 Bagian-Bagian Sistem Kemudi.....	5
2.2.1 <i>Steering Wheel</i>	5
2.2.2 <i>Steering Column</i>	6
2.2.3 <i>Steering Gear</i>	7
2.2.4 <i>Steering Linkage</i>	8
2.3 Jenis-jenis Sistem Kemudi.....	9
2.3.1 Sistem Kemudi Manual (<i>Manual Steering System</i>).....	9
2.3.2 Sistem Kemudi <i>Power Steering</i>	10
2.4 Front Wheel Alignment.....	11
2.5 Roda	19
2.6 <i>Omnidirection Wheel</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.1.1 Tempat Pelaksanaan.....	26
3.1.2 Waktu Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.2.1 Alat.....	27
3.2.2 Bahan.....	28
3.3 Prosedur Pelaksanaan.....	28
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	30
3.5 Sistem Kemudi.....	31
3.6 Diagram Keseluruhan Mobil Listrik <i>Kecil</i>	31
3.7 Desain Mobil Listrik	32

3.8 Desain Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil	34
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN FOTO.....	44



DAFTAR TABEL

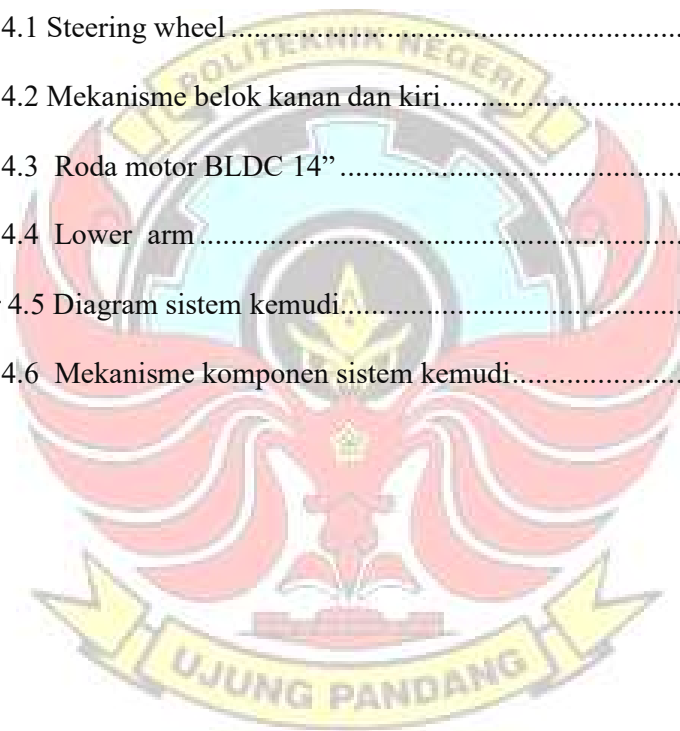
	hlm.
Tabel 3.1 Tabel Alat yang Digunakan	27
Tabel 3.2 Tabel Bahan-bahan yang Digunakan	28
Tabel 4.1 Hasil pengambilan data sudut belok.....	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Mekanisme Pembelokan 90°	36



DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2. 1 <i>Steering wheel</i>	6
Gambar 2. 2 <i>Steering column</i>	7
Gambar 2. 3 Kontruksi <i>steering gear tipe recirculating ball</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Steering gear tipe rack and pinion</i>	8
Gambar 2. 5 Komponen <i>steering linkage</i>	8
Gambar 2. 6 Sistem Kemudi <i>Power Steering</i>	11
Gambar 2. 7 <i>Chamber</i> (a) tipe <i>negative</i> , (b) tipe <i>positive</i>	14
Gambar 2. 8 <i>Caster</i> (a) Tipe <i>Negative</i> , (b) Tipe <i>Positive</i>	16
Gambar 2. 9 Gambar <i>Toe in</i>	18
Gambar 2. 10 Gambar <i>Toe out</i>	18
Gambar 2. 11 Bagian-bagian Roda.....	20
Gambar 2. 12 Konstruksi ban.....	20
Gambar 2. 13 Tipe-tipe pelek.....	21
Gambar 2. 14 <i>Non-Holonomic</i>	23
Gambar 2. 15 <i>Holonomic</i>	23
Gambar 2. 16 <i>Omni Wheel</i>	24
Gambar 2. 17 Konfigurasi umum tiga dan empat <i>omnidirection wheel</i>	25
Gambar 2. 17 Diagram alir perancangan sistem kemudi dan roda mobil listrik..	30
Gambar 3. 2 Gambar desain rancangan sistem kemudi dan roda pada mobil Listrik kecil.....	31

Gambar 3.3 Diagram keseluruhan pada mobil listrik kecil.....	31
Gambar 3.4 Desain mobil listrik tampak samping	32
Gambar 3.5 Desain mobil listrik tampak depan	32
Gambar 3.6 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak depan.....	33
Gambar 3.7 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak samping.....	33
Gambar 3.8 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak atas	33
Gambar 4.1 Steering wheel.....	34
Gambar 4.2 Mekanisme belok kanan dan kiri.....	35
Gambar 4.3 Roda motor BLDC 14”	36
Gambar 4.4 Lower arm.....	36
Gambar 4.5 Diagram sistem kemudi.....	37
Gambar 4.6 Mekanisme komponen sistem kemudi.....	37



DAFTAR LAMPIRAN

	hlm.
Lampiran Foto.....	44
Lampiran Kartu Asistensi	49



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rahmat Hidayatullah S.Igirisa

NIM : 444 20 081

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “ Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 29 September 2021



Rahmat Hidayatullah S.Igirisa

444 20 081

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Waqiah Syafitri

NIM : 444 20 096

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “ Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 29 September 2021



Waqiah Syafitri

444 20 096

RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI DAN RODA MOBIL LISTRIK *OMNIDIRECTION* UNTUK PENGGUNAAN DI TERMINAL BANDAR UDARA

RINGKASAN

Pelaksanaan kegiatan patroli di Terminal Bandar Udara masih dilakukan dengan berjalan mengelilingi area terminal Bandar Udara. Sehingga dapat membuat *Aviation Security (AVSEC)* kurang mengefisienkan waktu. Hal ini terjadi karena belum adanya kendaraan yang sesuai dengan kondisi Bandar Udara.

Penelitian ini dilakukan untuk mengefisienkan waktu *Aviation Security (AVSEC)* dalam melaksanakan patroli diterminal bandar udara dengan membuat mobil listrik *omnidirectional*. Penelitian ini berfokus pada kegiatan rancang dan bangun sistem kemudi dan roda mobil listrik dengan tujuan mendapatkan hasil yang sesuai untuk mengoperasikan dan mengarahkan mobil listrik. Sehubungan dengan itu, penelitian ini dimulai dengan merancang mekanisme sistem kemudi dan membuat arm sebagai dudukan dari sistem kemudi. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik pengujian.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa sistem kemudi pada mobil listrik *omnidirection* tidak terhubung langsung dengan roda melainkan dihubungkan dengan kabel yang nantinya kabel tersebut akan mengirim sinyal ke motor penggerak untuk mengarahkan arah roda.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF OMNIDIRECTION STEERING WHELL SYSTEM ELECTRIC VEHICLE FOR AIRPPORT TERMINAL USE

SUMMARY

The implementation of patrol activities at the Airport Terminal is still carried out by circling the airport terminal area. So that it can make Aviation Security (AVSEC) less time efficient. This happens because there are no vehicles that are suitable for airport conditions.

This research was conducted to streamline Aviation Security (AVSEC) time in carrying out patrols at the airport terminal by making an omnidirectional electric car. This research focuses on the design and construction of electric car steering and wheel systems with the aim of obtaining appropriate results for operating and directing electric cars. Accordingly, this research begins by designing the mechanism of the steering system and making the arm as the seat of the steering system. Data collection is done by testing techniques

Based on the results of research and learning, it can be ascertained that the steering system on an omnidirection electric car is not directly connected to the wheel with a cable which will send a signal to the driving motor to direct the direction of the wheel.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil pada umumnya menggunakan bahan bakar konvensional. Bahan bakar tersebut lama kelamaan akan mengalami kelangkaan dan habis. Disamping itu penggunaan bahan bakar juga menimbulkan pencemaran lingkungan akibat gas hasil pembakaran yang berbahaya. Mobil listrik mempunyai beberapa kelebihan dari pada kendaraan bahan bakar konvensional, seperti mengurangi polusi karena tidak membutuhkan bahan bakar konvensional sebagai penggerak utamanya dan mobil listrik juga menghasilkan suara yang lebih halus, senyap, dan tidak bising. Tentu hal ini berbeda dengan mobil bahan bakar konvensional yang menggunakan mesin diesel, yang menghasilkan suara yang keras dan cenderung berisik.

Masa depan mobil listrik di Indonesia sangat menjanjikan. Dimana Indonesia merupakan Negara penghasil nikel nomor satu di dunia. Indonesia memiliki cadangan nikel sebanyak 21 juta Ton. Nikel dimanfaatkan sebagai bahan pembuat kendaraan sekaligus pelapis mobil dan untuk membuat baterai mobil listrik berkekuatan tinggi.

Mobil listrik memang lebih efektif dalam kehidupan dan pekerjaan sehari-hari, seperti fasilitas kendaraan listrik yang digunakan AVSEC (*Aviation Security*) saat berpatroli di terminal bandara. Karena luasnya area terminal bandara, kegiatan patroli menjadi sangat menyita waktu. Karena umumnya mobil memiliki ukuran yang cukup besar, agar tidak mengganggu kegiatan operasional bandar udara yang padat, maka dari itu penulis membuat mobil listrik berdimensi

kecil untuk dua penumpang, dan dilengkapi dengan kemampuan roda yang dapat berbelok maksimum 90° ke kanan maupun ke kiri untuk memudahkan kegiatan patroli.

Dengan mengamati sifat-sifat tersebut, maka dirancang sistem kemudi yang dapat berbelok maksimum 90° ke kanan maupun ke kiri. Terdapat 2 jenis sistem kemudi pada kendaraan yaitu sistem kemudi secara manual tipe *recirculating ball* dan tipe *rack and pinion*, dan juga sistem kemudi *power steering*. Yang dimaksud sistem kemudi disini adalah untuk mengontrol arah gerakan mobil. Sedangkan *power steering* adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk menambah daya agar dapat mengurangi beban pengemudi ketika berbelok. Dalam sistem kemudi yang mengaplikasikan *power steering*, pengemudi tidak sepenuhnya menggunakan tenaganya untuk membelokkan roda, melainkan dibantu oleh sistem tenaga penggerak.

Penyetelan posisi roda secara benar juga dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan dan keamanan pada saat berkendara, terkhususnya roda depan, yang biasa disebut *front wheel alignment*. Pada saat pengendara mengendalikan kemudi ketika berjalan lurus pengendara memerlukan tenaga yang cukup besar ketika memutar kemudi, yang membuat pengendara merasa tidak nyaman. Penyetelan posisi roda yang kurang tepat atau kurang benar dapat pula menyebabkan keausan yang lebih cepat pada roda. Maka dari itu hal-hal tersebut dapat diantisipasi untuk menghindari keausan dan juga dapat memberi kenyamanan pada pengemudi. Dengan demikian perlu dilakukan penyetelan pada roda depan yang sesuai dengan spesifikasi dan standarisasi pada mobil tersebut.

Dalam tugas akhir ini penulis merancang sistem kemudi dan roda yang dapat berbelok maksimum 90° ke kanan maupun ke kiri. Hal ini bertujuan agar kegiatan patroli dapat berjalan dengan lancar dan efisien. Jadi pada saat melaksanakan Patroli di terminal bandar udara, AVSEC dapat dengan mudah memutar arah mobil.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis memberikan judul, yaitu “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang bangun sistem kemudi mobil listrik untuk penggunaan di terminal bandar udara?
2. Bagaimana merancang pergerakan roda pada mobil listrik $\pm 45^\circ$ pada saat berjalan?
3. Bagaimana merancang pergerakan roda pada mobil listrik $\pm 90^\circ$ pada saat berhenti untuk pemarkiran?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Secara umum sistem kemudi terbagi menjadi 2 (dua) sistem, yaitu sistem kemudi tipe *recirculating ball* dan *rack and pinion*, serta sistem *power steering*. Namun pada penelitian ini penulis merancang sistem kemudi dan yang dapat berbelok maksimum 90° ke kanan maupun ke kiri atau disebut *omnidirection*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah, adapun tujuan yang hendak dicapai adalah:

1. Merancang bangun sistem kemudi dan roda mobil listrik untuk penggunaan di terminal bandar udara.
2. Merancang mekanisme sistem kemudi dan roda agar mobil dapat bergerak $\pm 45^\circ$ pada saat berjalan.
3. Merancang mekanisme sistem kemudi dan roda agar mobil dapat bergerak $\pm 90^\circ$ pada saat berhenti untuk pemarkiran.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari kegiatan yang hendak dicapai oleh penulis adalah:

1. Rancang bangun sistem kemudi dan roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara dapat bekerja dengan baik.
2. Menambah pengetahuan dalam merancang sistem kemudi dan roda Mobil *Omnidirection* Listrik untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara.
3. Sebagai bahan referensi bagi penulis lain.
4. Skripsi ini diharapkan dapat menambah referensi perpustakaan untuk dapat menambah pengetahuan tentang sistem kemudi dan roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

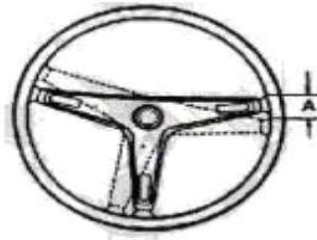
2.1 Sistem Kemudi

Sistem kemudi merupakan suatu mekanisme pada kendaraan yang berfungsi untuk mengatur dan membelokkan roda depan. Sistem kemudi ini merupakan salah satu sistem yang terdapat pada *chassis* kendaraan yang berfungsi untuk merubah arah kendaraan dan laju kendaraan. Perubahan arah ini dilakukan dengan membelokkan roda-roda depan kendaraan dan menjaga agar posisi tetap stabil. Cara kerja sistem kemudi adalah saat roda-roda kemudi (*steering wheel*) digerakkan atau diputar, kolom kemudi (*steering column*) kemudian meneruskan putaran ke putaran roda gigi kemudi (*steering gear*). *Steering gear* ini berfungsi untuk memperbesar momen putar sehingga dapat menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*). Sistem kemudi dibagi menjadi dua yaitu sistem kemudi manual dan sistem kemudi *power steering*. (Artika dkk., 2017)

2.2 Bagian-Bagian Sistem Kemudi

2.2.1 *Steering Wheel*

Steering wheel atau roda kemudi adalah bagian dari sistem kemudi yang berhubungan langsung dengan pengemudi. Diameter roda kemudi mempengaruhi tenaga yang akan dikeluarkan oleh pengemudi. Jika semakin besar diameter roda kemudi maka momennya akan semakin besar, tenaga yang dikeluarkan pengemudi pun akan semakin kecil dan sebaliknya.

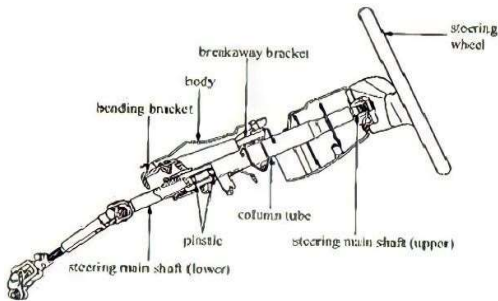


Gambar 2. 1 *Steering wheel*

(Sumber : Saigabe, 2019)

2.2.2 *Steering Column*

Steering column merupakan bagian dari sistem kemudi yang berfungsi untuk menghubungkan dan menyalurkan torsi putaran dari roda kemudi ke mekanisme kemudi. *Steering column* secara umum terdiri dari *steering shaft* dan *housing*. Empat *steering shaft* dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu *main shaft* dan *intermediate shaft*. *Main shaft* merupakan *steering shaft* bagian atas yang tersambung dengan roda kemudi pada bagian atas dan dengan *universal joint* pada bagian bawah untuk menyambungkan dengan *intermediate shaft*. *Intermediate shaft* merupakan *steering shaft* bagian bawah yang menyambungkan *main shaft* dengan *steering gear*. Beberapa konstruksi *steering column* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

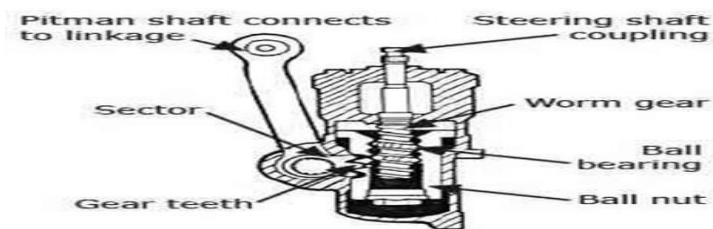


Gambar 2. 2 *Steering column*

(Sumber: Ramadhan, 2018)

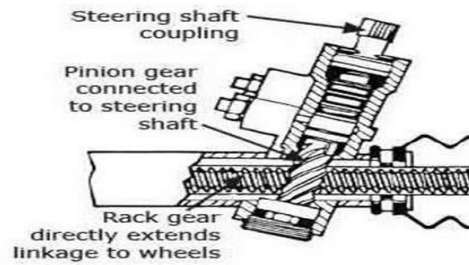
2.2.3 *Steering Gear*

Steering gear merupakan mekanisme yang berfungsi meneruskan dan memperbesar momen yang diberikan melalui roda kemudi menuju *steering linkage* untuk menggerakkan roda. Agar memperbesar momen yang disalurkan maka *steering gear* melakukan reduksi putaran. Semakin besar rasio maka akan semakin ringan untuk membelok namun akan membutuhkan putaran yang lebih banyak. Beberapa mekanisme *steering gear* yang banyak digunakan adalah *rack and pinion* dan *recirculating ball*.



Gambar 2. 3 Kontruksi *steering gear* tipe *recirculating ball*

(Sumber: Ramadhan, 2018)

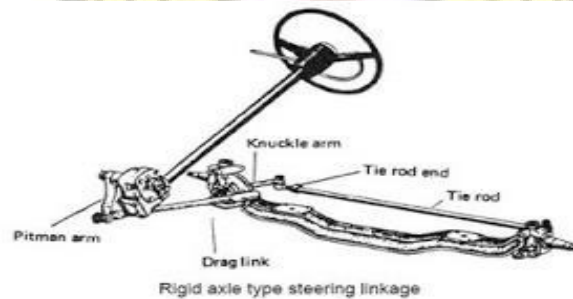


Gambar 2. 4 *Steering gear tipe rack and pinion*

(Sumber: Ramadhan, 2018)

2.2.4 *Steering Linkage*

Steering linkage merupakan bagian dari sistem kemudi yang menghubungkan *steering gear* dengan roda. Konfigurasi *steering linkage* terdiri dari *tie rod* yang terhubung dengan *arm* untuk membelokkan roda. Penghubung pada bagian-bagian *steering linkage* menggunakan *ball joint* yang memungkinkan untuk *steering linkage* menerima gerakan naik turun saat kendaraan melewati jalan yang tak stabil. Gambar 2.5 Komponen *steering linkage*. *Ball joint*, *steering arm*, *tie rod*, *universal joint*, dan *knuckle*.



Gambar 2. 5 Komponen *steering linkage*

(Sumber: Juan, 2018)

2.3 Jenis-jenis Sistem Kemudi

Ada dua jenis sistem kemudi yaitu sistem kemudi manual (*manual steering system*) dan sistem kemudi *power steering*.

2.3.1 Sistem Kemudi Manual (*Manual Steering System*)

Sistem kemudi manual juga bisa disebut sistem kemudi konvensional karena masih memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokan roda. Ada dua komponen mekanis umum yang dipakai untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus yaitu: pertama adalah *recirculating-ball* dan yang kedua adalah *rack and pinion*.

1) *Recirculating-ball*

Sistem mekanis ini umumnya digunakan pada kendaraan besar dan angkutan seperti truk, bus dan kendaraan besar lainnya yang membutuhkan gaya yang lebih besar dari pengemudi untuk membelokan roda kemudi dengan baik. *Recirculating ball* dimaksud untuk dapat meningkatkan rasio kemudi yang dapat meningkatkan gaya putar dari pengemudi yang lebih besar sehingga meringankan beban pengemudi. *Steering gear* berfungsi untuk mengarahkan roda depan dan meningkatkan momen dengan reduksi giginya sehingga kemudi menjadi lebih ringan.

Pemakaian *steering gear* pada *recirculating ball* dikarenakan menginginkan keuntungan momen yang besar sehingga pengemudian

relatif lebih ringan. Selain itu juga karena lebih tahan beban yang berat dan lebih tahan keausan serta sifat peredaman getarannya lebih baik

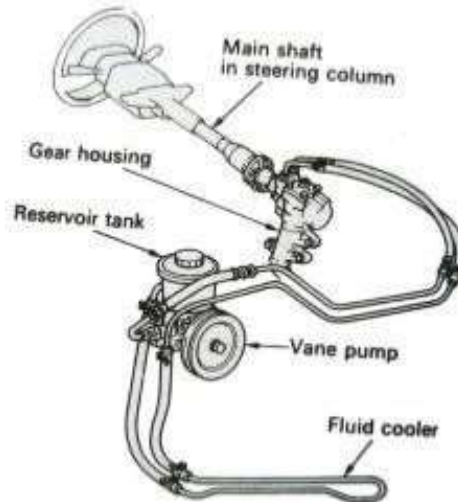
2) *Rack and Pinion*

Sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan penumpang atau kendaraan kecil yang tidak memerlukan gaya yang besar untuk memutar roda kemudi. Sistem ini mempunyai *pinion gear* pada ujung poros lingkaran kemudi yang dihubungkan dengan *rack* datar dan gigi yang sesuai dengan gigi pada *pinion*. *Pinion* dengan gerak berputar dirubah oleh *rack* menjadi gerakan lurus.

Sistem kemudi *rack and pinion* ini mempunyai rasio kemudi yang terbatas sehingga kemampuannya untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi juga terbatas. Karena rasio yang terbatas tersebut maka sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan kecil. Pada ujung batang dari *rack* dihubungkan dengan *tie-rod* yang dapat mendorong *steering arm*.

2.3.2 Sistem Kemudi *Power Steering*

Power steering adalah sebuah sistem *hidrolik (servo hidrolik)* yang berfungsi untuk memperingan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kemudi terutama pada kecepatan rendah dan menyesuaikan pada kecepatan menengah serta tinggi.



Gambar 2. 6 Sistem Kemudi *Power Steering*

(Sumber : Artika dkk., 2017)

2.4 *Front Wheel Alignment*

Steering system atau sistem kemudi berfungsi untuk mengendalikan arah kendaraan sesuai kehendak pengemudi. Umumnya yang dikendalikan adalah kedua roda depan. Walaupun demikian kendaraan harus dapat dikendalikan dengan mudah agar roda tidak terseret saat kendaraan sedang berbelok. Pengaturan posisi roda depan sangat berkaitan dengan pengendalian *steering system*.

Wheel alignment di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan *spooring*, adalah perawatan kendaraan pada kendaraan roda 4 (empat). lebih dengan tujuan agar ban lebih tahan lama karena terhindar aus pada sisi luar atau sisi bagian dalam. Selain itu tujuan dari penyetelan roda adalah menyelaraskan kendaraan agar dapat berjalan lurus dan stir tidak menarik kekiri atau kanan.

a. *Spooring*

Spooring ialah suatu pekerjaan penyetelan sudut sudut geometri sebuah mobil yang berfungsi untuk mengembalikan geometri roda depan suatu kendaraan (yaitu sudut-sudut *chamber*, *caster*, dan *toe*) ke dalam

spesifikasi awal dari produsen pembuat mobil (bila ada yang bisa di setel) dan juga mengembalikan geometri roda belakang kendaraan (yaitu sudut-sudut *chamber* dan *toe*) ke dalam spesifikasi awal dari pabrik pembuat mobil tersebut (bila ada yang bisa disetel) dan harus dilakukan secara berkala untuk *spooring* biasanya dalam interval tiap 10.000km.

Keuntungan melakukan *spooring* antara lain:

1. Mobil menjadi stabil dan nyaman dalam berkendara.
2. Mencegah keausan ban yang tidak merata.
3. Menghemat bahan bakar.
4. Menghemat pemakaian ban.
5. Mencegah kerusakan-kerusakan antar sambungan kemudi sehingga memperpanjang waktu pemakaian.

Jika tidak dilakukan *spooring*;

1. Mobil menjadi tidak stabil saat berjalan.
2. Keausan ban yang tidak merata.
3. Usia ban menjadi lebih pendek.
4. Borosnya bahan bakar.
5. Dapat menyebabkan kerusakan kaki kaki, *tie rod*, *long tie rod*, *ball joint*.
6. Terkadang menarik ke salah satu sisi saat mobil melaju dan ster di lepas.
7. Sudut belok antara ke kiri dan kekanan kadang tidak sama.
8. Ster miring ke kiri atau ke kanan.

9. Kemudi terlalu berat, atau terlalu ringan.

Saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi, kita dapat merasakan gangguan pada roda kemudi, oleh karena itu pada saat mobil melaju dengan kecepatan tinggi sekitar 80km/jam atau lebih, diperlukan sporing dan balancing. Jika masih ada keluhan pada mobil menarik ke satu sisi (kiri / kanan), terdapat beberapa penyebab:

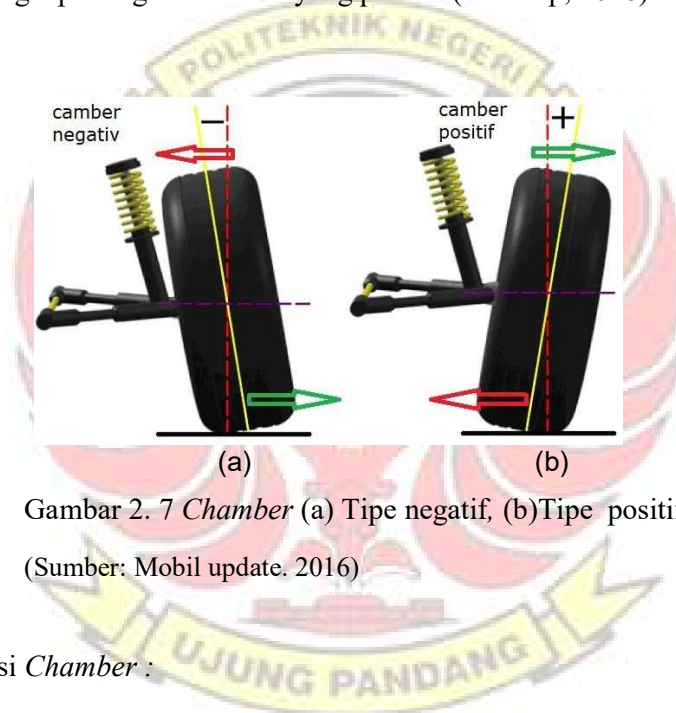
1. Roda yang tidak sama antara kiri dan kanan baik merk tipe maupun ukuran dianjurkan untuk mengganti dengan ban yang tipe dan ukuran yang sama pada ke empat roda-roda nya.
2. Tekanan angin yg tidak sama antara kiri dan kanan.
3. Kondisi roda dimana roda tersebut memang penyebab potensi mobil narik kiri/kanan dan memang sudah tidak bisa diakali lagi. Solusi disini ialah mengganti roda tersebut dengan roda merk lain.

Penyetelan roda depan terdiri dari penyetelan sudut geometris dan ukuran yang terdapat pada roda depan, komponen dari sistem kemudi setelah terpasang pada bodi. Penyetelan roda depan dimaksudkan disini agar dapat memaksimalkan kerja dari sistem kemudi, menstabilkan kendaraan, menghasilkan daya balik kemudi yang baik dan mencegah terjadinya keausan yang lebih cepat. Adapun faktor-faktor dari penyetelan roda depan yaitu:

1. *Chamber*

Chamber adalah sudut kemiringan ban pada bagian atasnya yang

dilihat dari depan atau dari belakang kendaraan, sudut *chamber* ada yang positif dan ada yang negatif. *Chamber* positif yaitu kemiringan roda kearah luar pada bagian atasnya, sedangkan *chamber* negatif adalah kemiringan roda kearah dalam pada bagian atasnya. Akibat dari berat kendaraan, maka roda depan berusaha keluar pada bagian bawahnya, oleh karena itu roda akan tertarik keluar. Untuk mencegah hal ini, maka dilengkapi dengan *chamber* yang positif. (Harahap, 2016)



Gambar 2. 7 *Chamber* (a) Tipe negatif, (b)Tipe positif
(Sumber: Mobil update. 2016)

Fungsi *Chamber* :

- 1) *Chamber* positif (+)

Chamber positif menyebabkan pengemudian menjadi ringan

- 2) *Chamber* negatif (-)

Chamber negatif menyebabkan pengemudian menjadi berat

- 3) *Chamber* nol (0)

Chamber nol menyebabkan stabilitas pengemudian berkurang

Pengaruh *Chamber* Terhadap Pengemudian :

1) *Chamber* positif (+)

Chamber positif mengurangi efek kekocakan bantalan

2) *Chamber* negatif (-)

Chamber negatif menyebabkan efek kebebasan bantalan roda bertambah

3) *Chamber* nol (0)

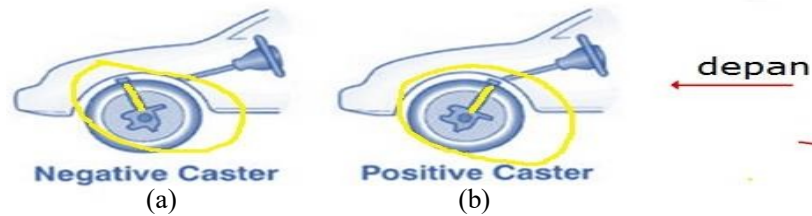
Chamber nol menyebabkan getaran pada roda kemudi besar dan tidak stabil.

Chamber disesuaikan pada lengan kontrol pada kebanyakan kendaraan. Beberapa kendaraan dengan suspensi penyangga mencakup penyesuaian *chamber* pada rakitan poros. Penyetelan kemudi juga diberikan pada beberapa sistem suspensi penyangga di bagian atas penyangga. Sedikit penyesuaian *chamber* diperlukan pada suspensi penyangga jika posisi tinggi dan rendah *control arm* benar. Jika terjadi kesalahan *chamber* yang serius dan posisi pemasangan suspensi belum rusak, ini merupakan indikasi bagian suspensi yang membungkuk. Bagian yang rusak harus diganti.

2. *Caster*

Caster merupakan sudut antara poros roda kemudi dan arah vertikal. Kemiringan maju atau mundur dari garis vertikal adalah *caster*, dilihat dari samping kendaraan. *Caster* biasanya diatur sepanjang garis lurus selama proses pelurusan. Memiringkan roda ke depan disebut *caster* negatif.

Memiringkan roda ke belakang disebut casterr positif.



Gambar 2. 8 Caster(a) Tipe Negatif, (b) Tipe Positif

(Sumber: Mobil update. 2016)

a. Macam-macam *Caster*

1) *Caster* positif (+)

Bagian atas sumbu *king-pin* berada di belakang garis tengah roda vertikal nol “0” dan bagian bawah sumbu *king-pin* berada di depan.

2) *Caster* negatif (-)

Bagian atas sumbu *king-pin* berada di depan garis tengah roda vertikal “0” dan bagian bawah sumbu *king-pin* berda di belakang.

3) *Caster* nol (0)

Tidak ada kemiringan pada sumbu *king-pin* terhadap garis tengah roda vertical “0”.

b. Fungsi *caster*

1) Saat jalan lurus

Saat jalan lurus *caster* berfungsi menggerakkan roda tetap stabil dalam posisi lurus, walaupun roda kemudi dilepas.

2) Saat belok

Dengan berubahnya *caster* roda luar ke arah negatif, maka roda

menopang pada permukaan jalan dengan baik.

c. Pengaruh *caster* terhadap sifat pengemudian

1) *Caster* positif (+)

Penyetelan *caster* positif yang benar akan memberikan keuntungan yaitu roda tetap stabil dalam posisi lurus.

2) *Caster* negatif (-)

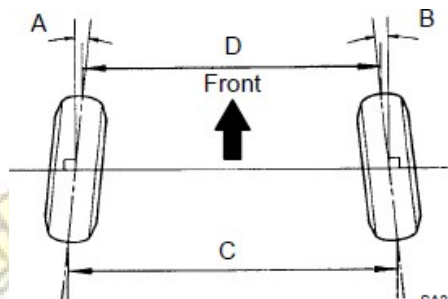
- Roda menggelepar dan timbul getaran.
- Roda bergerak tidak stabil saat jalan lurus.

3) *Caster* nol

Saat jalan lurus, roda tidak cenderung mencari sikap lurus, sehingga tidak ada kestabilan saat jalan lurus. *Caster* ini dirancang untuk memberikan stabilitas kemudi. Sudut *caster* untuk setiap roda pada poros harus sama. Sudut *caster* yang tidak seimbang menyebabkan kendaraan melaju ke samping dengan *caster* kurang. Terlalu banyak *caster* negatif dapat menyebabkan kendaraan memiliki kemudi sensitif pada kecepatan tinggi. Kendaraan bisa mengembara sebagai hasil *caster* negatif. *Caster* dipengaruhi oleh *ball joint* yang aus atau longgar, batang penyangga, dan bantalan lengan kontrol. Seringkali jika kendaraan memiliki masalah *caster*, ada yang aus atau bengkok dan bagian itu harus diganti atau diperbaiki.

3. Toe angle (Toe In-Toe Out)

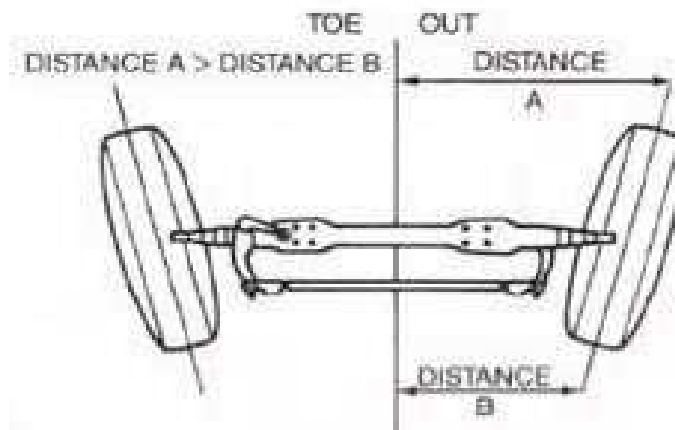
Dikatakan kendaraan itu memiliki *toe in*, bila jarak antara roda depan bagian depan lebih pendek dari jarak antara kedua roda depan bagian belakang. Jarak selisih toe dihitung dalam satuan mm.



Gambar 2. 9 Gambar *Toe in*

(Sumber: Ramadhan, 2018)

Dikatakan kendaraan itu memiliki *toe out*, bila jarak antara kedua roda depan bagian depan lebih besar dari jarak antara kedua roda depan bagian belakang. Jarak selisih toe dihitung dalam satuan mm.



Gambar 2. 10 Gambar *Toe out*

(Sumber: Ramadhan, 2018)

2.5 Roda

Roda merupakan bagian yang tak terlepas dari kendaraan karena pada kendaraan umumnya menggunakan roda sebagai tumpuan saat kendaraan bergerak. Roda akan bersinggungan langsung dengan permukaan jalan ketika kendaraan bergerak, sehingga segala kondisi permukaan jalan (jalan rusak atau jalan rata) akan diterima langsung oleh roda.

Roda pada kendaraan sendiri memiliki fungsi untuk :

1. Menopang seluruh berat kendaraan.
2. Meyerap kejutan yang ditimbulkan karena kondisi permukaan jalan yang tidak rata. Pada umumnya bagian ban kendaraan terbuat dari karet dan di dalamnya berisi udara bertekanan yang juga memiliki peran sebagai penyerap kejutan dari permukaan jalan. Tentu saja hal ini akan menambah kenyamanan dan kenikmatan saat berkendara.
3. Memindahkan tenaga dari mesin ke permukaan jalan dengan baik. Agar tidak terjadi slip diantara roda dengan permukaan jalan maka kontak ban dengan jalan harus baik.
4. Memindahkan tenaga pengereman ke permukaan jalan.
5. Membuat sistem kemudi dapat berfungsi dengan baik (kendaraan dapat diarahkan atau dibelokkan).

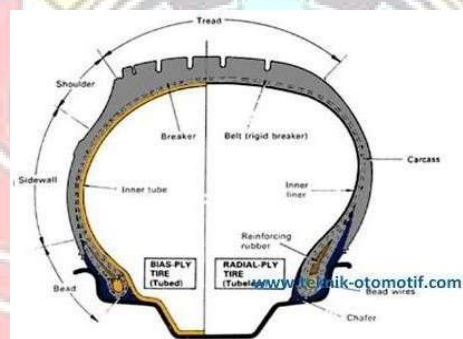
Roda kendaraan terdiri dari dua bagian utama yaitu ban dan pelek (velg). Ban merupakan bagian dari roda kendaraan yang langsung bersinggungan dengan permukaan jalan.



Gambar 2. 11 Bagian-bagian Roda

(Sumber: Juan, 2018)

Konstruksi ban kendaraan terdiri dari carcass, tread, sidewall, breaker dan bead.



Gambar 2. 12 Konstruksi ban

(Sumber: Juan, 2018)

1. *Carcass* merupakan bagian rangka ban yang keras dan berfungsi untuk menahan tekanan udara, namun bagian ini harus tetap fleksibel untuk meredam perubahan beban dan benturan dari permukaan jalan.
2. *Tread* terletak pada bagian terluar ban yang langsung bersinggungan dengan permukaan jalan dan berfungsi untuk melindungi carcass terhadap keausan dan kerusakan yang disebabkan oleh permukaan jalan.

3. *Sidewall* merupakan lapisan karet yang menutup bagian samping ban dan sebagai pelindung carcass terhadap kerusakan dari luar.
4. *Breaker* terletak diantara bagian carcass dengan tread yang berfungsi untuk memperkuat daya rekat antar keduanya dan sebagai peredam kejutan yang diterima ban agar yang menuju ke carcass.
5. *Bead* berfungsi untuk mencegah robeknya ban dari rim yang disebabkan banyaknya gaya yang bekerja.

Ban sendiri tidak dapat langsung dipasangkan ke kendaraan, melainkan membutuhkan pelek. Ban akan dipasangkan dengan pelek, oleh sebab itu pelek roda harus memiliki kekuatan yang cukup kuat untuk menahan beban kendaraan yang semuanya tertumpu pada bagian roda.

Terdapat dua tipe pelek roda yaitu pelek roda yang terbuat dari baja press (*pressed steel disc wheel*) dan pelek roda yang terbuat dari bahan campuran besi tuang (*cast light alloy disc wheel*).



Gambar 2. 13 Tipe-tipe pelek

(Sumber: Harahap, 2016)

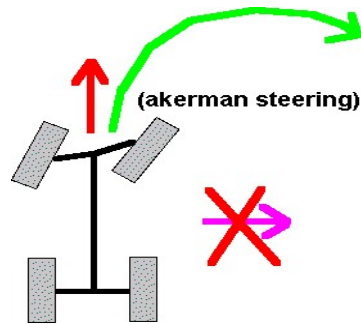
1. Pelek tipe baja press ini terbuat dari lembaran baja yang dipress dan memiliki konstruksi yang kuat. Tipe ini digunakan pada kendaraan

karena menginginkan aspek ketahanan pelek yang lebih lama (awet) dan memiliki kualitas yang merata pada setiap bagian pelek.

2. Pelek tipe logam campuran terbuat dari bahan campuran terutama dari bahan aluminium atau magnesium. Pelek tipe digunakan pada kendaraan dengan tujuan untuk mengurangi beban dari kendaraan sehingga kendaraan dapat berjalan dengan lebih cepat.

2.6 *Omnidirection Wheel*

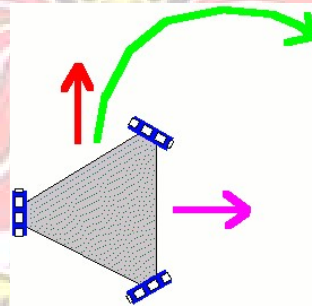
Roda *omnidirection* adalah roda dengan cakram kecil di sekitar lingkaran yang tegak lurus terhadap arah memutar. Efeknya adalah bahwa roda dapat didorong dengan kekuatan penuh, tetapi juga akan meluncur menyamping dengan sangat mudah. Roda ini sering digunakan dalam sistem penggerak *holonomic*. Ada dua jenis *mobile robot*, *robot holonomic* dan *robot non-holonomic*. *Non-holonomic robot* adalah yang tidak bisa bergerak cepat ke segala arah, seperti mobil. Jenis robot untuk melakukan serangkaian gerakan untuk mengubah posisi. Sebagai contoh, jika ingin mobil anda untuk bergerak ke samping, anda harus melakukan gerakan 'parkir paralel' kompleks. Untuk mobil untuk gilirannya, anda harus memutar roda dan berkendara ke depan. Jenis robot akan '1.5' derajat kebebasan, yang berarti bahwa ia dapat bergerak baik dalam arah X dan Y, tetapi membutuhkan gerakan kompleks untuk mencapai arah X.



Gambar 2. 14 *Non-Holonomic*

(Sumber: Joshi, 2016)

Berbeda dengan sebuah *robot holonomic* yang seketika dapat bergerak ke segala arah. Ini tidak perlu melakukan gerakan kompleks untuk mencapai posisi tertentu. Jenis robot akan memiliki 2 derajat kebebasan karena dapat bergerak baik di X dan Y bebas.



Gambar 2. 15 *Holonomic*

(Sumber: Joshi, 2016)

Omnidirection wheel atau roda *omnidirection* ini dapat berjalan ke segala arah dengan *platform* 4 roda (segi empat) atau 3 roda (segitiga). Keunggulan menggunakan *omnidirection* ini adalah pada *omnidirection wheel* dapat bergerak fleksibel. Robot pada umumnya didesain menggunakan tiga *omnidirection wheel*

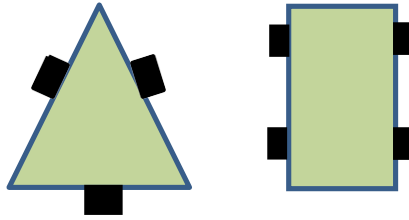
dan empat *omnidirection wheel*. Pengaturan posisi *omnidirection wheel* mempengaruhi pergerakan dari robot secara signifikan, dengan menggunakan empat *omnidirection wheel* standar semakin jauh jarak roda depan dengan roda belakang maka semakin cepat untuk memutar posisi robot, dan menggunakan tiga *omnidirection wheel* yang telah di posisikan sedemikian rupa supaya dapat berkerja dengan baik dan dapat cepat memutar posisi robot.



Gambar 2. 16 *Omni Wheel*

(Sumber: Joshi, 2016)

Konsep atau konfigurasi menggunakan *omnidirection* terdapat dua konsep yang sering digunakan yaitu menggunakan konfigurasi tiga *omnidirection wheel* dan menggunakan konfigurasi empat *omnidirection wheel*. Berdasarkan konfigurasi tersebut didapatkan bentuk yang macam-macam sesuai dengan bentuk yang telah dirancang oleh pembuat dengan berbagai bentuk. Gambar 2.17 merupakan gambaran secara umum konfigurasi posisi *omnidirection wheel*.



Gambar 2. 17 Konfigurasi umum tiga dan empat *omnidirection wheel*



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Berikut adalah tempat dan waktu pelaksanaan pembuatan Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara.

3.1.1 Tempat Pelaksanaan

Tempat dilakukan tulisan ini “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” dilakukan di Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian dilakukan sejak bulan Februari melakukan pengajuan judul hingga bulan September seminar hasil.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam melakukan kegiatan “Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik *Omnidirection* untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara” terdapat beberapa alat dan bahan sebagai penunjang untuk melakukan perancangan tersebut.

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan untuk mendukung proses pelaksanaan tugas akhir ini adalah

Tabel 3. 1 Tabel Alat yang Digunakan

No	Nama Alat	Jumlah	Kegunaan
1	Mesin Las	1	Untuk mengelas bagian-bagian benda kerja
2	Mesin Gurinda	1	Untuk memotong dan menghaluskan benda kerja
3	Batu Gurinda potong	1	Untuk memotong <i>shaft steering</i> , baut dan komponen sistem kemudi
4	Mesin Bor	1	Untuk membuat lubang-lubang baut pada pengait
5	Baut dan Mur	1	Berfungsi untuk menghubungkan komponen pada sistem kemudi
6	Kawat Las	1	Untuk pengelasan listrik dalam pembuatan sistem kemudi
7	Ragum	1	Untuk mengikat benda-benda kerja yang mau di potong supaya tidak bergeser
8	Kunci ring	1	Untuk mengencangkan baut dan mur
9	Alat Ukur	1	Dipergunakan untuk mengukur panjang pendeknya benda kerja yang akan di pergunakan
10	Mesin Bubut	1	Di pergunakan untuk membuat ulir derat pada <i>shaft</i> roda

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk mendukung proses pelaksanaan tugas akhir ini adalah

Tabel 3. 2 Tabel Bahan-bahan yang Digunakan

No	Nama Bahan	Jumlah	Kegunaan
1	Besi plat	10m	Untuk membuat arm roda
2	Bearing	10	Menjaga agar poros ban atau as roda tidak langsung bergesekan dengan rumah roda
3	Stir Kemudi	1	Perangkat untuk mengemudikan kendaraan
4	Kabel	Secukupnya	Penghantar listrik
5	Besi Pipa	2m	Sebagai sambungan arm roda
6	Rantai Motor	6m	Media untuk meneruskan putaran

3.3 Prosedur Pelaksanaan

1) Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dalam kasus dan permasalahan yang ditemukan. Referensi ini dapat dicari di buku, jurnal, artikel laporan tugas akhir situs-situs di internet.

Output dari studi ini adalah terkumpulnya referensi yang relevan dengan perumusan masalah. Tujuannya adalah untuk memperkuat metode penyelesaian permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan kerja perancangan sistem kemudi mobil listrik.

2) Perancangan

Perancangan sistem kemudi dan roda mobil listrik *omnidirection* untuk penggunaan di terminal bandar udara merupakan tahapan kerja awal yang dilakukan untuk membuat gambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa

dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Tahapan kerja ini dilakukan dengan membuat gambaran atau sketsa ataupun dengan diskusi dengan dosen pembimbing. Hasil dari pemeriksaan ini bisa digunakan sebagai bahan perakitan sistem kemudi dan roda mobil listrik.

3) Perakitan

Perakitan sistem kemudi dan roda mobil listrik bertujuan untuk menyusun atau menyatukan komponen menjadi suatu alat yaitu sistem kemudi dan roda mobil listrik *omnidirection* untuk penggunaan di terminal bandar udara.

4) Pengecekan

Pengecekan sistem kemudi dan roda mobil listrik *omnidirection* untuk penggunaan di terminal bandar udara, bertujuan untuk melihat atau memeriksa suatu komponen atau bahkan dengan cara membandingkan hasil pemeriksaan dengan spesifikasi standar yang telah ditentukan.

5) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui berhasil atau tidaknya rancang bangun sistem yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan dengan mengoprasikan mesin, langkah-langkah pengujian kemudi adalah sebagai berikut:

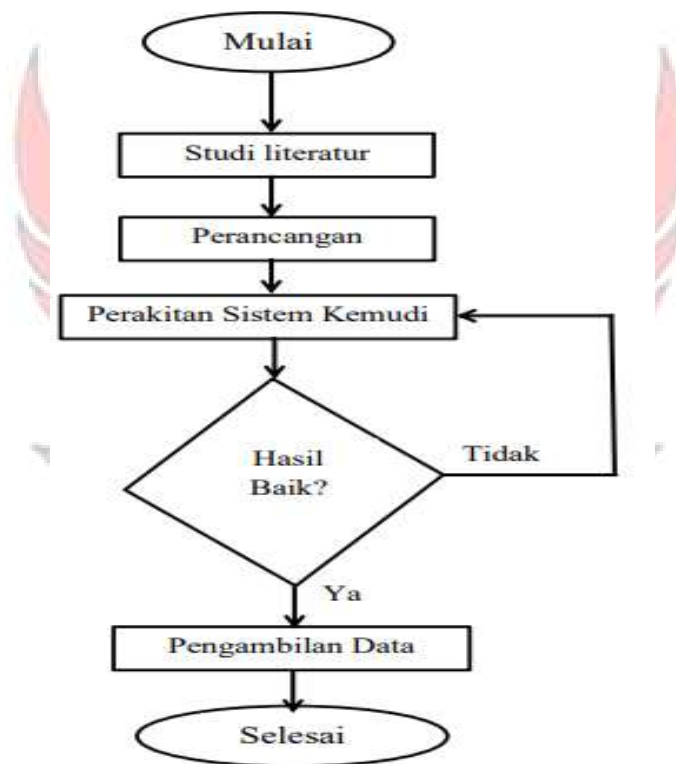
1. Putar roda kemudi hingga pada posisi lurus.
2. Putar roda kemudi hingga roda berbelok 90°.

6) Penyusunan laporan

Penyusunan laporan selama kegiatan rancang bangun dilakukan sampai pengujian selesai dilakukan. Laporan digunakan sebagai bukti bahwa telah dilakukan kegiatan serta berisi tentang data-data dari kegiatan rancang bangun dan perbaikan yang telah dilakukan.

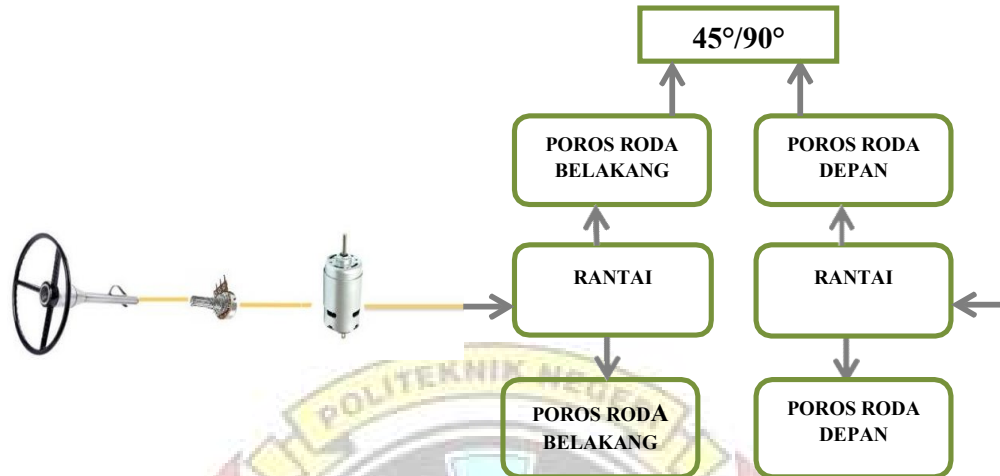
3.4 Diagram Alir Penelitian

Secara sistematis langkah-langkah dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini:



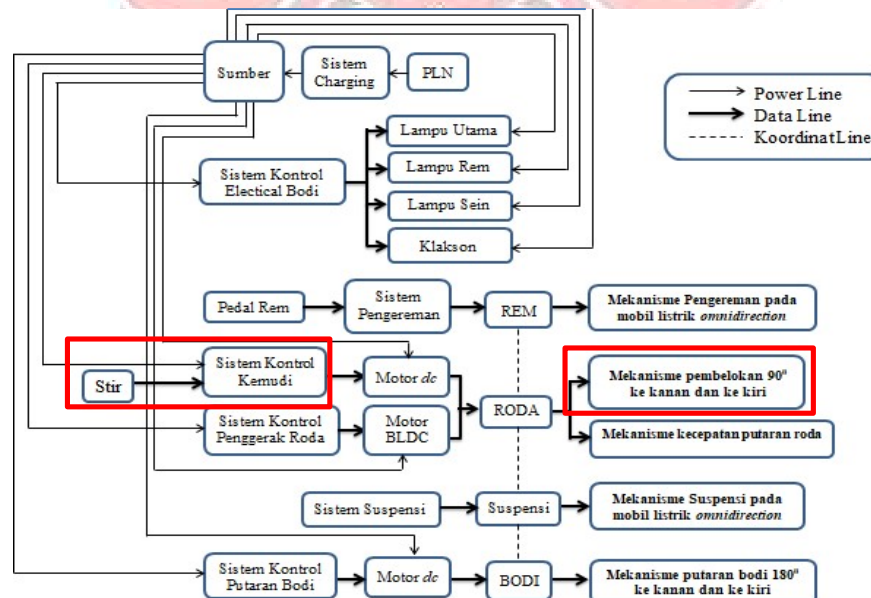
Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan sistem kemudi dan roda mobil listrik.

3.5 Sistem Kemudi



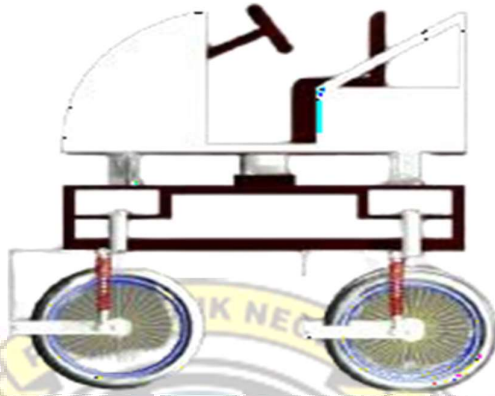
Gambar 3. 2 Gambar Desain Rancangan Sistem Kemudi dan Roda pada Mobil Listrik

3.6 Diagram Keseluruhan Mobil Listrik Kecil



Gambar 3. 3 Diagram keseluruhan pada mobil listrik kecil

3.7 Desain Mobil Listrik

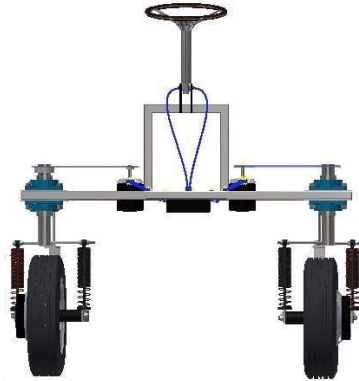


Gambar 3. 4 Desain mobil listrik tampak samping



Gambar 3.5 Desain mobil listrik tampak depan

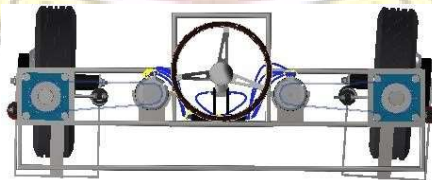
3.8 Desain Sistem Kemudi Mobil Listrik



Gambar 3.6 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak depan



Gambar 3.7 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak samping



Gambar 3.8 Desain sistem kemudi mobil listrik tampak atas

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

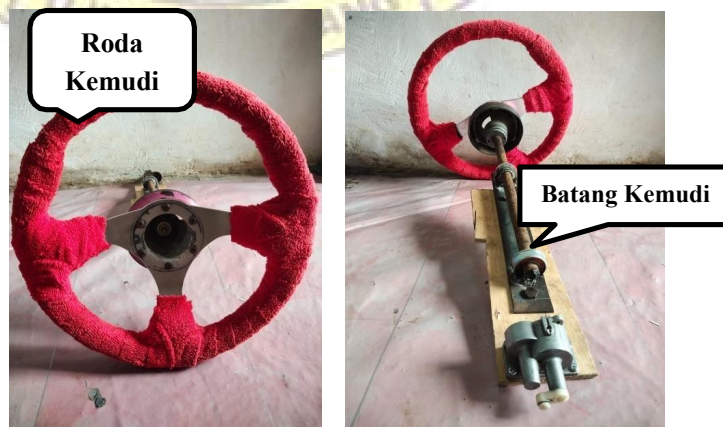
Hasil yang diperoleh setelah rancang bangun sistem kemudi dan roda pada mobil listrik *omni direction* ialah sistem dapat beroperasi dengan baik. Dimana apabila dibelokkan ke kiri/kanan secara manual roda akan berbelok ke arah yang dituju dan secara kontrol ketika tombol ditekan maka roda akan bergerak secara otomatis.

4.1.1 Hasil Perancangan Sistem Kemudi

a. Perancangan dan perakitan

1. *Steering Wheel*

Steering wheel adalah roda kemudi yang berfungsi untuk mengatur arah kendaraan sesuai dengan instruksi pengemudi. *Steering wheel* yang digunakan pada mobil listrik *omnidirection* adalah *steering wheel aftermarket* (roda kemudi aftermarket) yang dihubungkan dengan *gear box* melalui poros (batang kemudi).



Gambar 4. 1 *Steering wheel*

2. Sistem kemudi berbelok kanan dan kiri

Mekanisme sistem pembelokan pada mobil listrik *omnidirection* ini akan bekerja apabila pengemudi memutar setir ke kanan atau kiri, instruksi tersebut akan menggerakkan bearing yang terhubung dengan batang kemudi. Pada ujung batang kemudi terdapat *rotary encoder*, *rotary encoder* ini berfungsi untuk mengubah input mekanik menjadi kode digital. Kode tersebut yang nantinya masuk ke rangkaian kontrol kemudi untuk menggerakkan motor untuk mengikuti instruksi yang telah diberikan.



Gambar 4. 2 Mekanisme belok kanan dan kiri

4.1.2 Hasil Perancangan Sistem Roda

Roda merupakan tumpuan saat kendaraan bergerak. Roda yang digunakan pada mobil listrik *omni direction* adalah roda motor bldc 14". Cara memasang roda motor bldc 14" sebelum memasang roda bodi harus di dongkrak atau di angkat kemudian gunakan jackstand untuk menopang bodi kendaraan setelah itu longgarkan baut roda pada motor bldc 14" kemudian roda dimasukkan ke garpu yang ada pada lower arm. Setelah terpasang kencangkan baut roda.



Gambar 4.3 Roda motor BLDC 14"

4.1.3 Hasil Perancangan *Lower Arm*

Lower arm berfungsi sebagai bagian pengontrol gerakan roda kendaraan. Ketika kendaraan dikemudikan di jalan, maka secara otomatis roda mobil akan bergerak ke atas, bawah, maju, dan mundur sesuai dengan gerak dari pengemudian dan kondisi jalan, gerakan inilah yang akan dibatasi oleh *lower arm* agar tak terasa berlebihan. Pada mobil listrik *omni direction* kami merancang *lower arm* dari besi plat dan besi pipa.



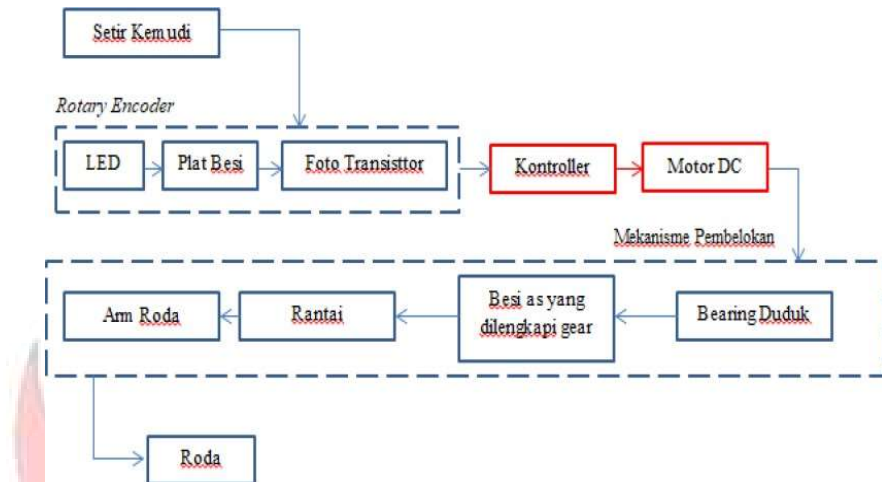
(a)

(b)

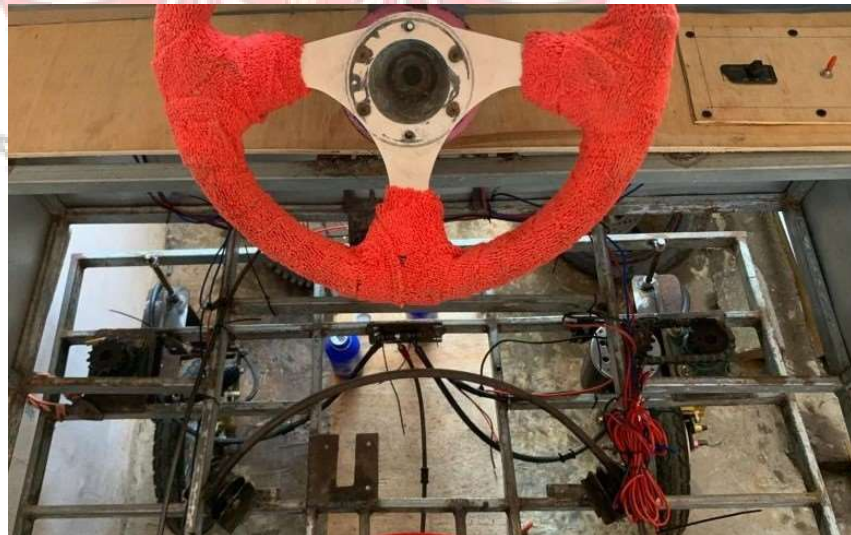
Gambar 4. 4 *Lower arm* (a) tampak samping (b) tampak depan

4.1.4 Mekanisme Seluruh Komponen

Adapun mekanisme dari seluruh komponen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Diagram sistem kemudi



Gambar 4.6 Mekanisme komponen sistem kemudi

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian pada sistem kemudi dan roda mobil listrik *Omnidirection* diperoleh hasil sudut belok ke kanan kiri.

Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data sudut belok

Derajat Putar	Arah Kanan		Arah Kiri	
	Roda Kanan	Roda Kiri	Roda Kanan	Roda Kiri
45°	23°	23°	23°	23°
90°	45°	45°	45°	45°

Data diatas didapatkan dari pengujian stir dan pengukuran sudut pada roda. Dimana pada saat stir dibelokkan kearah kanan sebesar 45°, maka roda kanan dan roda kiri akan mengarah ke sudut 23° yang apabila kedua sudut tersebut dijumlahkan akan menghasilkan sudut 46° pada arah pembelokan roda. Sedangkan, pada saat stir dibelokkan kearah kanan sebesar 90° maka roda kanan dan roda kiri akan mengarah ke sudut 45° yang apabila kedua sudut tersebut dijumlahkan akan menghasilkan sudut 90° pada arah pembelokan roda.

Table 4.2 Hasil Pengujian Mekanisme Pembelokan 90°

No.	Posisi <i>Toggle switch</i>			Posisi Akhir Roda Setelah Motor Berputar	<i>Limit Switch</i>
	Ke kiri	Normal	Ke Kanan		
1.	Tidak	Ya	Tidak	Lurus ke depan	Belum Bekerja
2.	Ya	Tidak	Tidak	Berbelok ke kiri 90°	Bekerja
3.	Tidak	Tidak	Ya	Berbelok ke kanan 90°	Bekerja

Data diatas didapatkan dari pengujian toggle pada gerak roda, dimana apabila toggle dalam posisi normal maka posisi roda akan lurus kedepan. Sedangkan apabila toggle mengarah ke kanan maka posisi roda akan berbelok 90° ke kanan. Begitupun jika toggle mengarah ke kiri maka posisi roda akan berbelok 90° ke kiri. Dari data pengujian di atas didapatkan bahwa mekanismme pembelokan 90° telah berhasil.

4.2.2 Pembahasan

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa pada saat stir kemudi di putar, mekanisme sistem kemudi akan bergerak sesuai dengan arah putaran stir. Dimana ketika stir kemudi di putar akan menggerakkan bearing yang terhubung dengan batang kemudi. Pada ujung batang kemudi terdapat rumah dinamo yang didalamnya ada *rotary encoder*, dimana *rotary encoder* ini akan

mengubah input mekanik menjadi kode digital. Sehingga kode digital ini dikirimkan kepada kontroler yang akan diteruskan ke motor penggerak untuk memutar arm roda sesuai dengan arah putaran stir.

Pada saat stir dibelokkan $\pm 45^\circ$ ke kiri maupun ke kanan kondisi mobil dapat sambil berjalan sesuai dengan kebutuhan. Namun saat togel switch di tekan maka arm roda akan berbelok $\pm 90^\circ$ ke kanan maupun ke kiri sesuai dengan kontrol yang terdapat pada togel switch, kondisi ini dapat berjalan ketika mobil listrik dalam keadaan diam khususnya untuk pemarkiran.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini telah dirancang bangun sistem kemudi dan roda mobil listrik untuk penggunaan di Terminal Bandar Udara. Hal ini ditandai dengan bisanya roda bergerak maju mundur dan dapat berbeloknya roda ke kiri dan ke kanan.
2. Telah dilakukan rancang bangun mekanisme sistem kemudi dan roda agar mobil dapat bergerak 90° ke kanan dan ke kiri pada saat berhenti untuk pemarkiran dalam tugas akhir ini. Mekanisme sistem dalam hal ini sudah bekerja dengan baik. Hal ini terbukti dengan tidak Bergeraknya roda pada saat *toggle* tidak diaktifkan dan Bergeraknya roda saat *toggle* diaktifkan.
3. Telah dilakukan rancang bangun mekanisme pembelokan roda, pada saat derajat putar kemudi 45° ke kiri dan ke kanan menghasilkan error rata” sebesar 48%, sementara mekanisme pembelokan roda pada saat derajat putar kemudi 90° ke kiri dan ke kanan menghasilkan error rata” sebesar 50%. Sistem yang dirancang bangun ini mempunyai respon yang lambat, hal ini disebabkan oleh beban dari mobil, rasio gear, dan kelembaman/inert dari benda.

5.2 Saran

Rancang Bangun Sistem Kemudi dan Roda Mobil Listrik Omnidirection untuk Penggunaan di Terminal Bandar Udara masih memiliki kekurangan. Sehingga saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang mekanisme sistem kemudi pada mobil listrik *omnidirection*
2. Komponen sistem kemudi harus mendapatkan perawatan/pembersihan setelah digunakan agar kerusakan pada komponen dapat dicegah.



DAFTAR PUSTAKA

- Artika, Kurnia Dwi, dkk. 2017. Perancangan Sistem Kemudi Manual pada Mobil Listrik. *Jurnal Elemen* Volume 4 Nomor 1, (Online), (https://www.researchgate.net/publication/332941168_PERANCANGAN_SISTEM_KEMUDI_MANUAL_PADA_MOBIL_LISTRIK), (diakses pada 20 Februari 2021)
- Harahap, Muksin Rasyid. 2016. Urgensi Sporing Dan Balansing Roda Mobil Jenis Kendaraan Ringan. *Jurnal UISU* Volume 1, Nomor 1, (Online), (<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/piston/article/view/59>), (diakses pada 22 Februari 2021)
- Joshi, Bharat. 2016. *Kinematic Analysis of Holonomic Robot*. (Online) (<https://joshi-bharat.github.io/posts/holonomic-drive>), (diakses pada 22 Februari 2021)
- Juan. 2018. *Fungsi dan Bagian-Bagian Roda Kendaraan*. (Online), (https://www.teknikotomotif.com/2018/04/fungsi-dan-bagian-bagian-roda-kendaraan.html#google_vignette), (diakses pada 22 Februari 2021)
- Mobil Update. 2016. *Sudut Sudut Di Dalam Sistem Pelurusan Roda (Wheel Aligment)*. (Online), (<https://mobilupdate.net/sudut-sudut-di-dalam-sistem-pelurusan-roda/>), (diakses pada 22 Februari 2021)
- Ramadhan, Muhammad Idris. 2018. Desain dan Perakitan Sistem Kemudi dan Rem pada Mobil Hemat Energi "OSCAR". Skripsi. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang, (Online), (<http://eprints.itn.ac.id/279/>), (diakses pada 20 Februari 2021)
- Saigabe, Eko. 2019. Pembuatan Sistem Kemudi pada Forklift mini Kapasitas 200Kg untuk Usaha Kecil Menengah(UKM). Tugas Akhir. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, (Online), (<https://core.ac.uk/download/pdf/225829243.pdf>), (diakses pada 22 Februari 2021)

LAMPIRAN FOTO



Gambar proses pengelasan untuk pemasangan bearing



Gambar Bearing untuk sambungan ke arm roda



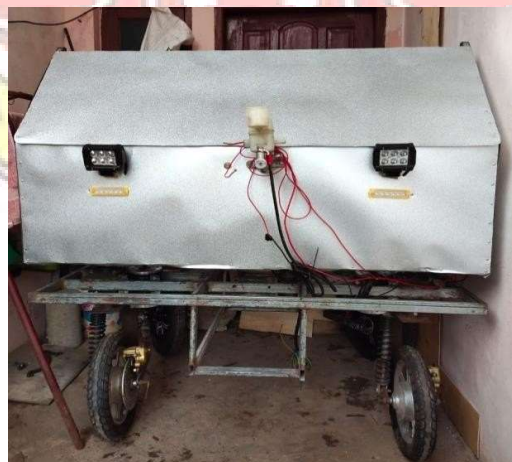
Gambar proses pemasangan BLDC



Gambar Sistem Kemudi (Rangka Bawah)



Gambar proses penyatuan rangka atas dan rangka bawah



Gambar mobil listrik



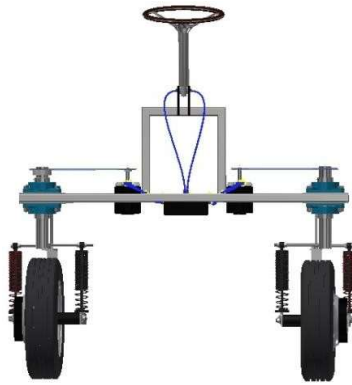
Gambar roda lurus ke depan



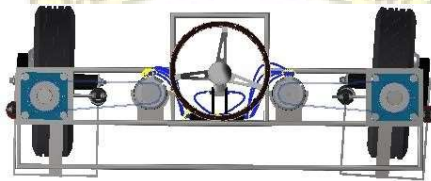
Gambar roda berbelok 90° ke arah kanan



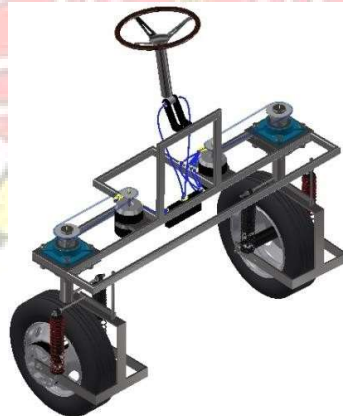
Gambar roda berbelok 90° ke arah kiri



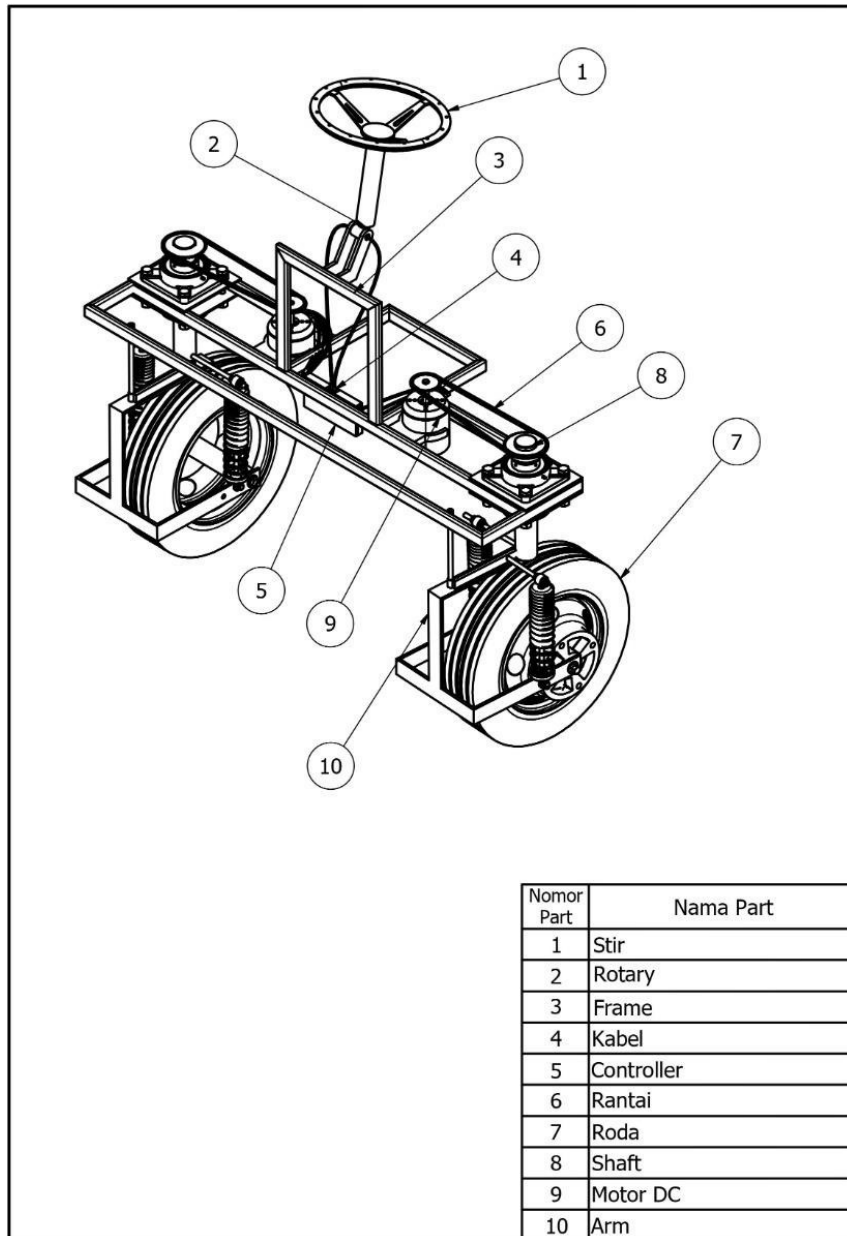
Gambar desain sistem kemudi tampak depan



Gambar desain sistem kemudi tampak atas



Gambar desain sistem kemudi tampak samping



Gambar komponen sistem kemudi