

## Rancangan Sistem Kemudi *Handlebar* dengan Mekanisme *Rack and Pinion* pada Kendaraan Disabilitas

Michael Salim Wijaya<sup>1\*</sup>, Subkhan<sup>2</sup>, Sugianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : michaelssalimwijaya2004@gmail.com

Received 3 Desember 2025; Received in revised form 11 Desember 2025; Accepted 22 Desember 2025

### Abstract

Obstacles in the mobility aspect for people with disabilities can interfere with daily activities. The current era of technology has created many innovative tools and vehicles for people with disabilities, especially cars for wheelchair users. Safe and comfortable driving requires a good steering system, this can also support driving performance for people with disabilities. This research aims to support car driving performance for people with disabilities by providing new innovations in the steering system, namely the use of a portograf handlebar with a rack and pinion mechanism for movement of vehicle front wheels. The process of designing the handlebar steering system was carried in systematically using the VDI 2222 method which includes planning, conceptualizing, designing and finishing. The design results show that the portograf handlebar steering system with a rack and pinion mechanism has maximal performance based on analysis of critical components according to the needs of riders with disabilities.

**Keywords:** Disabled Vehicle; Handlebar; Steering Systems.

### Abstrak

Hambatan dalam aspek mobilitas bagi penyandang disabilitas dapat mengganggu aktivitas sehari-hari. Era teknologi sekarang telah banyak menciptakan berbagai inovasi alat dan kendaraan bagi penyandang disabilitas, terutama kendaraan mobil bagi pengguna kursi roda. Dalam berkendara yang aman dan nyaman perlunya sistem kemudi yang baik, hal ini juga dapat menunjang performa berkendara bagi penyandang disabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk menunjang performa berkendara mobil bagi penyandang disabilitas dengan memberikan inovasi baru dalam sistem kemudi yaitu penggunaan *handlebar portograf* dengan mekanisme rack and pinion untuk pergerakan roda depan kendaraan. Proses perancangan sistem kemudi handlebar ini dilakukan secara sistematis melalui metode VDI 2222 yang mencakup merencanakan, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Hasil dalam rancangan menunjukkan bahwa sistem kemudi *handlebar portograf* dengan mekanisme *rack and pinion* memiliki performa maksimal yang didasarkan melalui analisis komponen kritis sesuai dengan kebutuhan pengendara penyandang disabilitas.

**Kata kunci:** Kendaraan Disabilitas; Sistem Kemudi; Stang.

## 1. PENDAHULUAN

Adanya hambatan bagi penyandang disabilitas dalam menghadapi aktivitas harian mereka, seperti mobilitas yang menyulitkan pergerakan individu. Di era teknologi sekarang telah banyak jenis alat dan kendaraan yang dapat mempermudah pergerakan para penyandang disabilitas, hal ini mencakup berbagai bentuk seperti walking cane, kursi roda manual atau elektrik, skuter disabilitas, hingga kendaraan seperti mobil atau motor yang telah dilengkapi peralatan khusus dan ramah bagi disabilitas [1].

Kendaraan untuk disabilitas merupakan alat transportasi yang dirancang secara khusus untuk memenuhi kebutuhan mobilitas individu yang memiliki keterbatasan fisik atau disabilitas [1]. Dalam desain kendaraan disabilitas harus memperhatikan beberapa aspek, yaitu aspek ergonomi, kenyamanan, keamanan, serta kemudahan dalam pengoperasian. Salah satu aspek dalam penelitian ini yang menjadi pembahasan adalah kemudahan pengoperasian dalam bermanuver atau lebih dikenal sebagai sistem kemudi.

Sistem kemudi merupakan salah satu sistem pada kendaraan mobil yang memiliki

fungsi untuk merubah arah dan laju kendaraan dengan cara menggerakkan atau membelokkan roda depan agar posisi mobil tetap stabil [2]. Dalam sistem kemudi terdapat dua tipe, yaitu Manual Steering dan Power Steering. Manual steering adalah sistem kemudi dengan penggerakan yang dilakukan oleh pengemudi itu sendiri dan Power Steering adalah sistem kemudi yang terletak disamping pengemudi dengan mekanisme yang berkerja secara hidrolis [2].

Salah satu jenis sistem kemudi berdasarkan gigi kemudi ialah Tipe Rack and Pinion. Tipe Rack and Pinion umumnya digunakan pada mobil yang berukuran kecil hingga sedang dengan bentuk konstruksi yang sederhana. Mekanisme yang bekerja pada tipe ini ialah gerak putar pinion diubah menjadi datar atau gerakan linear yang menggerakkan roda depan sehingga sudut belok menjadi tajam dan ringan [1-2].

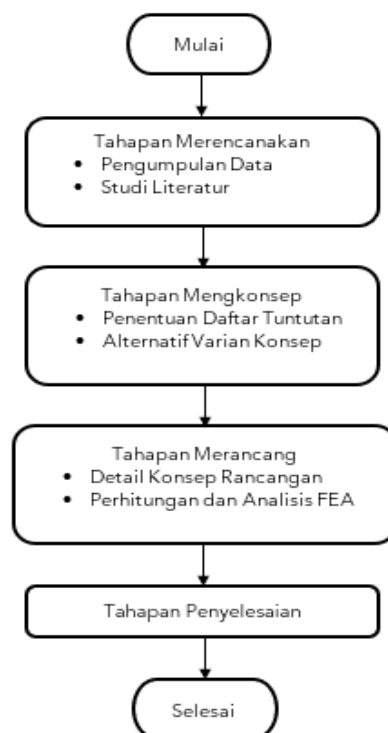
Perlunya komponen pendukung dalam sistem kemudi yang dapat menunjang kinerja dari rack and pinion dengan salah satu contoh komponen ialah handle steering. Handle steering merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan tenaga dari tangan kemudi ke roda kemudi [3]. Bentuk secara umum dari komponen ini biasanya berbentuk lingkaran serta ketentuan dari ukuran dapat mempengaruhi kenyamanan area pengemudi ataupun kemampuan dalam bermanuver.

Penggunaan handlebar pada komponen pendukung dalam sistem kemudi dapat menjadikannya solusi dan banyak digunakan pada sepeda motor, skuter listrik, serta kendaraan roda tiga seperti bajaj. Sistem kemudi handlebar memiliki kelebihan dalam strukturnya yang sederhana, ringan, dan responsif, sehingga dapat digunakan pada kendaraan kecil dan mudah dikendalikan oleh pengguna disabilitas. Komponen utama handlebar meliputi garpu depan (fork), poros kemudi (steering shaft), dan bantalan (bearing) [4].

Dalam memastikan kelancaran mobilitas pengguna tersebut dalam kendaraan disabilitas. Dengan ini perlunya rancangan sistem kemudi yang dapat mempermudah mobilitas dan memberikan kenyamanan bagi pengguna disabilitas. Oleh karena itu, rancangan sistem kemudi handlebar dengan mekanisme rack and pinion dapat menjadikan solusi dalam pengembangan yang tetap memperhatikan aspek keamanan bagi pengguna kendaraan disabilitas dan inovatif dalam perancangan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode perancangan VDI (Verein Deutche Ingenieuer) 2222 dan diagram alir dari metode tersebut disederhanakan dan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Perancangan VDI 2222

Dalam metode perancangan tersebut untuk merancang sistem kemudi handlebar dengan mekanisme rack and pinion dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Tahapan Merencanakan

Pada tahapan awal ini atau merencanakan dilakukannya pengumpulan data aktual dengan mengukur gaya tangan untuk data sample bagi pengguna disabilitas melalui pengukuran menggunakan alat ukur neraca pegas. Lalu dilakukannya studi literatur sebagai data pendukung dari data aktual.

b. Tahapan Mengkonsep

Dalam tahapan mengkonsep dilakukan penentuan daftar tuntutan yang ingin dicapai pada rancangan sistem kemudi handlebar dengan ketentuan tuntutan utama sebagai fungsi yang bersifat teknis dan tuntutan kedua dari penggunaan. Didapatkannya keseluruhan dari tuntutan rancangan dapat di konsepskan menjadi sketsa untuk penentuan alternatif varian konsep sesuai dengan fungsi berdasarkan daftar tuntutan.

C. Tahapan Merancang

Tahapan ini dilakukan dengan mendetail varian konsep yang terpilih untuk dilakukan perhitungan manual dan analisis pada komponen kritis. Salah satu perhitungan yang digunakan dalam menghitung sudut steering roda dengan tujuan untuk mengukur sudut dari kedua roda depan kendaraan saat berbelok, yaitu menggunakan persamaan 1 [5].

$$\delta = \frac{\delta_L + \delta_R}{2} \dots\dots\dots(1)$$

dengan  $\delta$  = Sudut *steering* rata-rata roda depan,  $\delta_0$  = Sudut *steering* roda kiri, dan  $\delta_1$  = Sudut *steering* roda kanan.

Data sample tabel sudut steering roda kiri dan kanan yang didapatkan melalui aplikasi solidworks dapat dilihat pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Spesifikasi Peralatan

Sudut Steering Roda Kanan ( $\delta_1$ )	Sudut Steering Roda Kiri ( $\delta_0$ )
17	22
21	27
25	32
29	37
34	42
38	47
43	52

d. Tahapan Penyelesaian

Tahapan penyelesaian ini mencakup pembuatan gambar kerja sesuai dengan ketentuan standar fabrikasi dan berfungsi saat dilakukan produksi.

3.1. Hasil dari Penentuan Daftar Tuntutan

Berikut ini merupakan hasil penentuan daftar tuntutan yang dilakukan berdasarkan kebutuhan primer atau sekunder dari pengumpulan data yang terkait, hasilnya disajikan pada Tabel 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Daftar Tuntutan

No	Qualitatif	Quantitatif	P/S/T
1.	Ringan	Max 5kg	P
2.	Ekonomis	Max 2.000.000jt	P
3.	Bentuk menarik	-	S
4.	Mudah manufaktur	Melibatkan mesin bor, las dsb	S
5.	Low maintenance	-	S
6.	Mudah dioperasikan	-	P
7.	Aman terhadap kontak tangan	<i>Handlebar</i> terjamin tidak melukai tangan.	P
8.	Tahan lama	Penggantian suku cadang setelah 2 tahun	S
9.	Derajat berbelok	MAX 38 Derajat.	P

3.2. Hasil Alternatif Varian Konsep

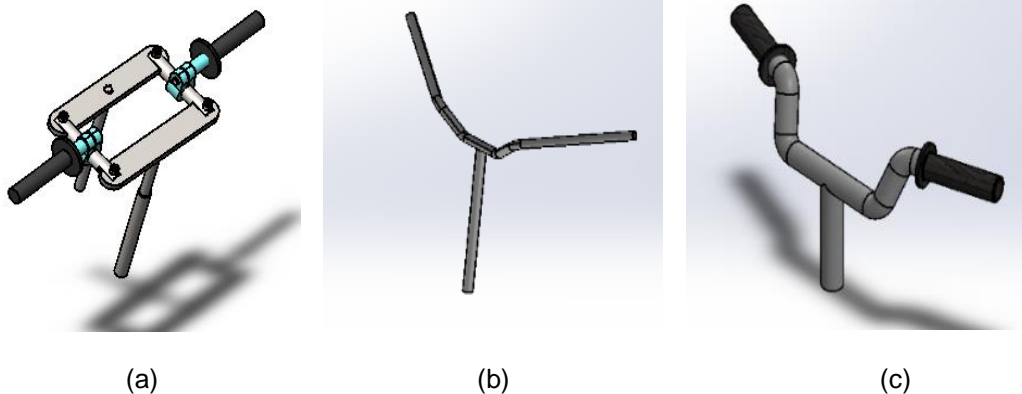
Alternatif Varian Konsep rancangan sistem kemudi terbagi menjadi 2 hirarki fungsi,

yaitu fungsi handling dan fungsi penggerak roda. Untuk hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

a. Berdasarkan Fungsi *Handling*

Fungsi ini berfungsi untuk memastikan kendaraan bergerak atau bermanuver sesuai dengan kenggunaan pengendara. Berdasarkan

fungsi handling didapatkan 3 alternatif varian konsep, yaitu handlebar portograf sebagai alternatif 1, flat bar sebagai alternatif 2, dan handlebar BMX sebagai alternatif 3 ditunjukkan keseluruhannya pada Gambar 2.

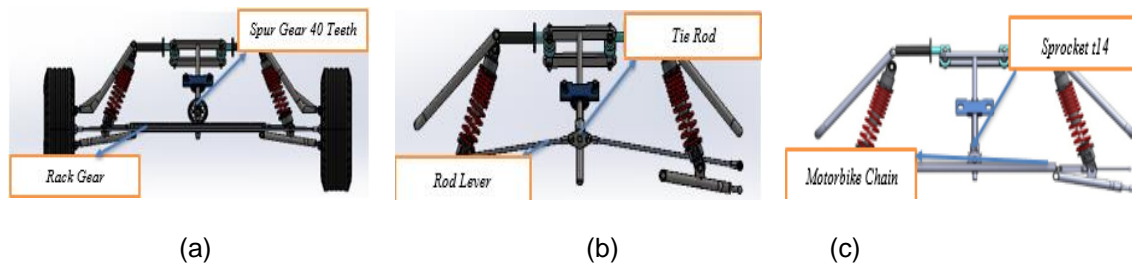


Gambar 2. Alternatif Varian Konsep Fungsi *Handling*: (a) *Handlebar Portograf* (b) *Flat Bar* (c) *Handlebar BMX*

b. Berdasarkan Fungsi Penggerak Roda

Fungsi penggerak roda memiliki tujuan untuk menerima arahan dari fungsi handling dari pengguna dalam pergerakan roda depan

kendaraan [6]. Didapatkan 3 alternatif varian konsep berdasarkan fungsi penggerak roda ditunjukkan pada gambar 3 adalah sebagai berikut:

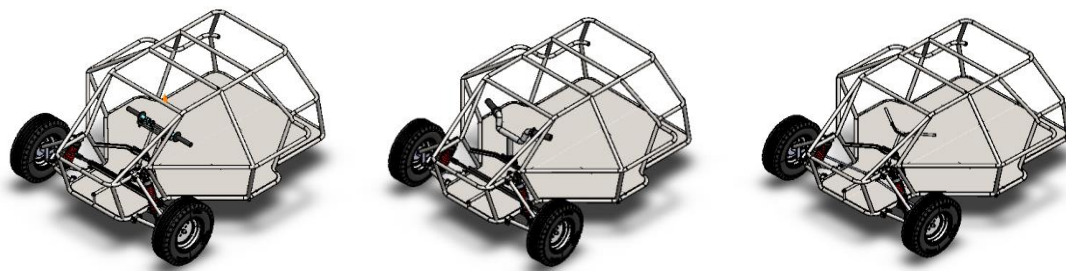


Gambar 3 Alternatif Varian Konsep Fungsi Penggerak Roda: (a) Mekanisme *Rack and Pinion* (b) Mekanisme *Tie Rod* (c) Mekanisme *Sprocket and Chain*

C. Varian Konsep Keseluruhan

Penentuan varian konsep keseluruhan berdasarkan kotak morfologi yang dapat dilihat pada tabel 3 dengan menghasilkan 3 varian konsep keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 4 [10]. Varian konsep 1 didesain dengan memiliki fungsi handlebar yang didesain agar lebih fleksibel untuk digunakan oleh pengguna kendaraan disabilitas dikarenakan mekanisme dari handlebar portograf yang dapat menyesuaikan genggaman pengendara dan mekanisme dari rack and pinion memiliki gerakan rotasi setir

menjadi gerakan translasi linear. Kemudian varian konsep 2 didesain dengan fungsi setang yang bisa digunakan seperti sepeda BMX dengan mekanisme rantai dan sprocket. Dan untuk varian konsep 3 dengan desain handling melalui flat handlebar diiringi mekanisme tie rod and bearing untuk menggerakkan roda depan kendaraan. Hasil penilaian dari semua varian konsep keseluruhan untuk pemilihan desain tetap pada rancangan berdasarkan aspek dari daftar tuntutan pada tabel 2 dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 3. Varian Konsep Keseluruhan: (a) Varian Konsep 1 (b) Varian Konsep 2 (c) Varian Konsep 3

Tabel 3. Kotak morfologi

No	Fungsi Bagian	Varian Konsep Alternatif Fungsi Bagian		
		A	B	C
1.	Fungsi <i>Handlebar</i> .	A	B	C
2.	Fungsi penggerak roda	A	B	C
		VK-1	VK-2	VK-3

Tabel 4. Hasil penilaian varian konsep keseluruhan

Daftar Tuntutan	P/S/T	Bobot Angka	Bobot %	VK-1 VK-2 VK-3						
				Score	Poin Score	Score	Poin Score	Score	Poin Score	
Ringan	Max 50 N	P	9	11%	9	64	6	64	5	72
Ekonomis	Max 500.000rb	P	8	10%	7	72	5	63	8	72
Daftar Tuntutan	P/S/T	Bobot Angka	Bobot %	VK-1 VK-2 VK-3						
Qualitatif	Quantitatif			Score	Poin Score	Score	Poin Score	Score	Poin Score	
Bentuk menarik	-	S	7	9%	9	56	6	56	6	56
Mudah manufaktur	Melibatkan mesin bubut, frais, drill, dsb	S	8	10%	7	36	8	28	8	28
Mudah assembly	Max tool	S	7	9%	6	56	5	56	9	40

Mudah perawatan	Max 2 tool	P	7	9%	8	56	7	56	8	56
Mudah pengoprasian	Max 4 elemen opraso	P	8	10 %	8	56	8	56	9	63
Tahan lama	Minimal 2 tahun	S	9	11 %	9	64	7	56	7	64
Derajat berbelok maksimal	38 derajat	S	9	11 %	7	64	8	64	8	64
Aman terhadap kontak tangan	Tidak melukai tangan	P	8	10 %	8	81	8	63	8	63
					78	605	68	562	76	578
Total			80	100 %	1210	1124	1156			

### 3.3. Hasil Perhitungan pada Rancangan

Didapatkannya pemilihan hasil dari varian konsep keseluruhan 1 berdasarkan tabel penilaian dengan fungsi handling dan roda penggerak, yaitu handlebar portograf dan mekanisme rack and pinion sebagai penggerak roda depan [8]. Kemudian untuk hasil perhitungan pada rancangan sistem

kemudi handlebar dengan mekanisme rack and pinion melalui persamaan  $\sum Fy = 0$  dan  $\sum Fx = 0$  didapatkan hasil perhitungannya pada tabel 5. Kemudian untuk hasil perhitungan sudut steering keseluruhan roda depan melalui Persamaan 1 dengan acuan data berdasarkan tabel 1 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil perhitungan pada rancangan

No	Perhitungan pada Rancangan	Hasil Perhitungan
1.	Massa Keseluruhan (Mobil, Kursi Roda, dan Pengguna)	187 Kg
2.	Gaya pada Roda Depan Kendaraan	917,24 N
3.	Gaya Gesek Guling Statik (Fr) dengan $\mu_r$ (Koefisien Gesek) adalah 0,9	412,76 N
4.	Gaya Tangan untuk Menggerakkan 2 Roda	120,66 N

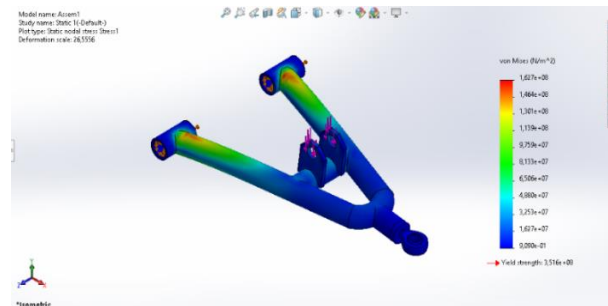
Tabel 6. Hasil perhitungan sudut *steering* keseluruhan roda depan

Sudut <i>Steering</i> Roda Kanan ( $\delta_1$ )	Sudut <i>Steering</i> Roda Kiri ( $\delta_0$ )	Sudut <i>Steering</i> Rata-Rata Roda Depan ( $\delta$ )
17	22	39
21	27	48
25	32	57
29	37	66
34	42	76
38	47	85
43	52	95

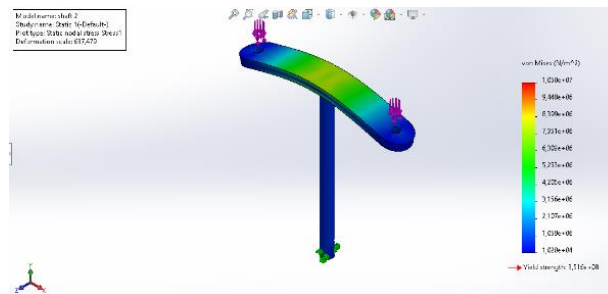
### 3.4. Hasil Analisis FEA

Analisis FEA (*Fenite Element Analysis*) pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan dari kekuatan material suatu komponen, yaitu pada komponen yang berada dalam kondisi kritis dengan menggunakan suatu software. Berdasarkan hasil analisis FEA komponen melalui software solidworks, yaitu komponen arm bottom

memiliki tegangan maksimum sebesar 162,7 Mpa dengan pemberian gaya pembebanan sebesar 0,935 Mpa yang hasil analisisnya ditunjukkan pada gambar 4. Kemudian untuk komponen shaft 2 handlebar didapatkan tegangan maksimum sebesar 10,5 Mpa dengan gaya pembebanan diberikan sebesar 3,18 Mpa yang hasil analisisnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Hasil Analisis FEA pada Komponen *Arm Bottom*



Gambar 5. Hasil Analisis FEA pada Komponen *Shaft 2 Handlebar*

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari rancangan sistem kemudi handlebar dengan mekanisme *rack and pinion* pada kendaraan disabilitas telah mencapai hasil yang optimal dan sesuai persyaratan pada daftar tuntutan. Hal ini dapat dibuktikan untuk aspek keamanan melalui analisis FEA pada komponen kritis, yaitu *arm bottom* dengan tegangan maksimum yang dimiliki saat pembebanan sebesar 162,7 Mpa dan komponen *shaft 2 handlebar* yang memiliki tegangan maksimum sebesar 10,5 Mpa saat terjadinya pembebanan. Kemudian aspek inovatif dalam perancangan dapat dibuktikan melalui alternatif varian konsep yang bervariasi dengan penilain bobotnya pada Tabel 4.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih banyak terhadap kedua dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran dan arahan. Kemudian terimakasih kepada Program Studi Teknik Rekayasa Perancangan Manufaktur pada Jurusan Rekayasa Mesin yang telah memberikan sarana dan prasarana serta kesempatan bagi penulis dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] A. S.; S. Bobade K.; Hossny M.; Nahavandi S., "Effective vehicle-based kangaroo detection for collision warning systems using region-based convolutional networks," *Sensors*, vol. 18, no. 6, p. 1913, 2018.

[2] A. Nugroho, "Desain Ergonomis Kendaraan Roda Tiga Bagi Difabel Menggunakan Pendekatan Human Centered Design," *Jurnal Rancang Bangun Teknik Mesin*, vol. 12, no. 1, hlm. 56–66, 2023, doi: 10.25077/rbttm.12.1.56-66.2023.

[3] M. Thoriq, "Analisis Sistem Kemudi Handlebar pada Kendaraan Listrik Skala Mikro," *Jurnal Teknik Rekayasa*, vol. 14, no. 1, hlm. 22–30, 2024.

[4] Afisa Kharisma Utoma, "Sistem Kemudi Pada Mobil Golf Listrik," Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta, 2018.

[5] M. Salim Wijaya, "Rancangan Sistem Kemudi Pada Mobil Pengguna Kursi Roda," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat, 2025. Diakses: 14 Oktober 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/1872>

[6] Hendrianto, I. Haryanto, dan T. Prahasto, "Analisis Performa Suspensi Mobil Sedan Pada Saat Cornering Melalui Metode Multibody Dynamics (MBD)," *Mechanical Engineering Journal*, vol. 11, no. 4, hlm. 79–86, Okt 2023.

[7] D. Pratama, "Studi Kelayakan Material dan Ergonomi Kursi Roda Elektrik di Indonesia," *Jurnal Inovasi Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 40–47, 2022.

- [8] A. ; A. Manikandan R., "Traffic accident monitoring system using deep learning," International Journal of Engineering and Technology, vol. 7, no. 2.21, pp. 283–287, 2018.
- [9] R. ; P. Patel H., "Vehicle detection and tracking using background subtraction and shadow removal techniques," Int J Comput Appl, vol. 180, no. 9, pp. 1–5, 2018.
- [10] R. J. ; A. Kannan M.; Muthumarilakshmi S.; Jeyapriya J.; Aghalya S.; Muthukumaran D.; Murugan S., "A low cost localization method in autonomous vehicle by applying light detection and ranging technology," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 36, no. 3, pp. 1739–1749, 2016.