

Perancangan Simulator Differential Konvensional Menggunakan Penggerak Motor Listrik

Abdul Muis¹, Abdul Halik^{2*}, Mangkona³, Hidayat⁴ dan Abdul Halim⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Alat Berat, Politeknik Negeri Samarinda, KALTIM Samarinda 75133

Article Info

Article history:

Received :
May 19th, 2021

Revised :
Juli 30th, 2021

Accepted
September 25th, 2021

ABSTRAK

Perancangan dan pembuatan simulator ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana pergerakan komponen - komponen *differential*. Komponen – komponen simulasi *differential* ini terdiri dari *differential case*, *pinion gear* atau *spider gear*, *side gear*, *spider shaft*, motor listrik, *pulley*, *v – belt* dan *dimmer (motor speed controller)*. Metode yang digunakan dalam pembuatan simulator ini adalah dimulai dengan terlebih dahulu membuat desain simulator kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan yang dibutuhkan. Dari pengujian komponen alat simulator yang dilakukan selama 50 menit didapatkan hasil bahwa setiap 10 menit mengalami kenaikan suhu dikarenakan sistem pelumasan yang belum maksimal. Pengujian untuk mengetahui korelasi antara *dimmer* dan RPM Motor listrik didapatkan bahwa setiap penurunan nilai resistansi akan mengakibatkan naiknya nilai RPM dari motor listrik. Hasil ini juga menunjukkan bahwa nilai maksimum RPM motor setelah dirakit adalah 1435 RPM. Kemudian pengujian pada saat diberikan beban didapatkan bahwa kecepatan putaran *shaft axle* dari *differential* akan berubah jika terdapat beban disatu sisi. Dari pengujian ini dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai RPM pada sisi *shaft axle* yang berputar bebas ketika pada shaft lain diberikan beban. dengan adanya simulator ini juga dapat memberikan gambaran bagaimana pergerakan *gear – gear differential* yang terdapat di dalam *axle* pada suatu kendaraan unit agar dapat dipahami cara kerjanya

Kata kunci: simulator, differential, motor listrik

ABSTRACT

Design and manufacture of this simulator aims to explain how the movement of the differential components. The components of this differential simulation consist of a differential case, pinion gear or spider gear, side gear, spider shaft, electric motor, pulley, v-belt and dimmer (motor speed controller). The method used in making this simulator is to start by first making a simulator design and then continuing with the collection of tools and materials needed. From testing the components of the simulator tool which was carried out for 50 minutes, it was found that every 10 minutes the temperature increased due to the lubrication system that was not maximized. Tests to determine the correlation between the dimmer and the RPM of the electric motor, it was found that any decrease in the resistance value will result in an increase in the RPM value of the electric motor. These results also show that the maximum value of the motor RPM after being assembled is 1435 RPM. Then the test when given a load found that the shaft axle rotation speed of the differential will change if there is a load on one side. From this test, it can be seen that there is an increase in the RPM value on the side of the shaft axle which rotates freely when the other shaft is given a load. With this simulator, it can also provide an overview of how the movement of the differential gears contained in the axle of a unit vehicle so that you can understand how it works..

Keywords: simulator, differential, electric motor

Copyright © 2021 Jurnal Teknologi MEDIA PERSPEKTIF
All rights reserved

Corresponding Author:

Abdul Halik,
Program Studi Teknik Alat Berat
Politeknik Negeri Samarinda,
Jl, Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda 75131, Indonesia
Email: abdul.halik@polnes.ac.id

1. PENDAHULUAN

Saat ini Motor listrik sebagai penggerak telah banyak digunakan. Hal ini tidak terlepas dari beberapa keuntungan yang dimiliki diantaranya, mencegah polusi, biaya operasional yang terjangkau dan pemeliharaan yang mudah. Selain itu penggunaan motor listrik juga memungkinkan penambahan media elektronik untuk mengatur kecepatan sehingga di dapatkan kenyamanan.

Pada awalnya, motor arus searah (DC) banyak digunakan sebagai penggerak mobil listrik karena sistem kontrol motor DC relatif lebih sederhana dan murah dibandingkan motor arus bolak-balik (AC). Tetapi motor DC memiliki beberapa kelemahan diantaranya struktur motor DC lebih berat (20% sampai 40%) dibandingkan dengan motor arus bolak balik (AC) untuk daya yang sama [1].

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan differential diantaranya simulasi sistem electronic differential sebagai pengatur motor induksi pada mobil listrik menggunakan teknik field oriented control [2][3]. Analisa sistem roda gigi diferensial penggerak roda belakang kendaraan mobil listrik.[4].

Dari beberapa penelitian diatas, penulis belum menemukan adanya pembuatan simulator differential, dimana di program studi teknik alat berat Politeknik Negeri Samarinda, alat semacam ini sangat dibutuhkan untuk menunjang proses pembelajaran.

2. TINJAUAN TEORI

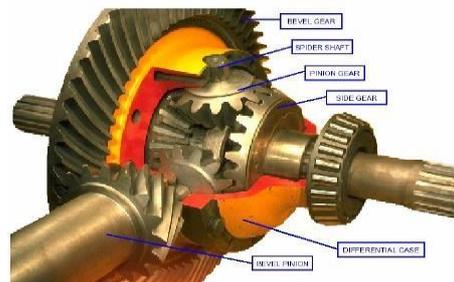
2.1 Differential

Differential atau sering disebut juga gardan adalah salah satu komponen paling penting di kendaraan ringan (mobil) maupun kendaraan alat berat. *Differential* ini adalah bagian dari komponen *power train* sehingga keberadaannya sangatlah diperlukan. Differential berfungsi sebagai pembeda putaran roda kiri dan kanan, sebagai penerus tenaga menuju poros penggerak, mengubah arah putar sebesar 90 derajat dan meningkatkan tenaga putar atau momen pada unit alat berat [5]

Komponen differential

Komponen *standard differential* adalah : [6]

(a) *Differential case* ; (b) *Pinion gear* atau *spider gear* ; (c) *Side gear* ; (d) *Spider shaft*



Gambar 1. Komponen differential

Differential Case

Differential case assembly merupakan tempat komponen-komponen dari *differential group*. *Bevel ring gear* dibaut dengan *case assembly*. *Case assembly* akan memutar *spider shaft* dan *pinion gear* yang bersilang dengan *side gear* untuk memutar *final drive sun shaft*.

Pinion Gear

Pinion gear atau *spider gear* bergerak berrotasi dan berrevolusi mengikuti putaran *spider shaft* dan memindahkan tenaga dari *differential case* ke *side gear* dan kemudian ke *sun shaft*. *Pinion gear* akan berputar berrotasi (berputar pada sumbunya) hanya pada saat berbelok atau slip, sehingga putaran roda kiri dan kanan akan berbeda.

Spider Shaft

Spider shaft digerakkan oleh *differential case* dan sebagai tempat kedudukan *pinion gear*

Side Gear

Side gear di-spline ke *sun gear shaft*. *Pinion gear* akan menggerakkan *side gear* sehingga *sun gear shaft* akan berputar.

Differential jenis ini tidak efisien pada saat *machine* slip. Untuk mengatasi hal ini (*machine* slip pada saat masuk lumpur) pada *Off Highway Truck* dan pada beberapa jenis *Wheel Loader* besar, maka dilengkapi dengan *Traction Control System*, sebelumnya disebut *Automatic Electronic Traction Aid*. Sistem ini akan bekerja secara otomatis pada saat *machine* mengalami slip.

2.2 Motor Listrik

Motor elektrik adalah elemen mesin yang berfungsi sebagai tenaga penggerak. Penggunaan motor elektrik disesuaikan dengan kebutuhan daya mesin. Motor elektrik pada umumnya berbentuk silinder dan dibagian bawah terdapat dudukan yang berfungsi sebagai lubang baut supaya motor listrik dapat dirangkai dengan rangka mesin atau konstruksi mesin yang lain. Poros penggerak terdapat di salah satu ujung motor listrik dan tepat di tengah-tengahnya.

Perhitungan yang digunakan dalam merancang simulator serta pemilihan motor.

- a. Menghitung daya rencana

$$P_d = f_c P \text{ (kW)}$$

Keterangan :

P_d = daya rencana (kW).

f_c = factor koreksi.

P = daya nominal (kW).

- b. Menghitung momen yang terjadi pada poros

$$T = 9,74 \times 10^5$$

Keterangan:

T = momen rencana (kg.mm).

- c. Mencari tegangan geser yang diizinkan

$$a = \sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2)$$

Keterangan:

a = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_B = kekuatan tarik (kg/mm²).

$Sf_1 \times Sf_2$ = factor keamanan.

- d. Mencari tegangan yang terjadi pada poros

$$\tau_{\max} = (5,1/d_s^3)$$

Keterangan :

τ_{\max} = tegangan geser maksimal (kg/mm²).

- e. Menentukan diameter poros $d_s \geq 1/3$

Keterangan:

d_s = diameter poros (mm).

K_m = factor koreksi momen lentur.

M = momen lentur (kg.mm).

K_t = factor koreksi momen punter.

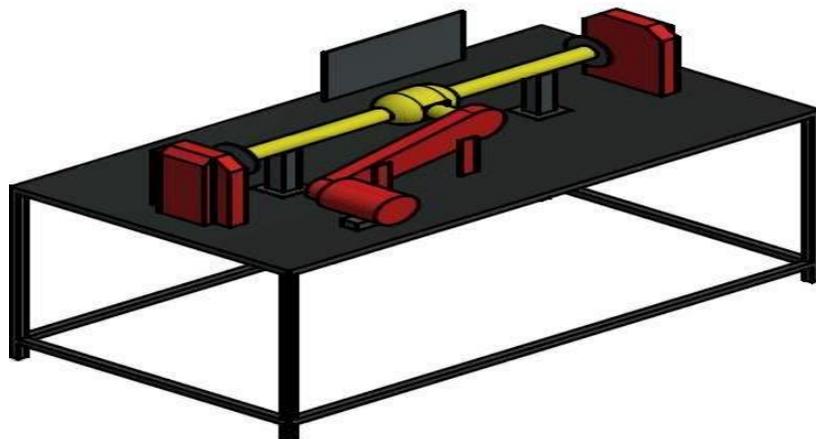
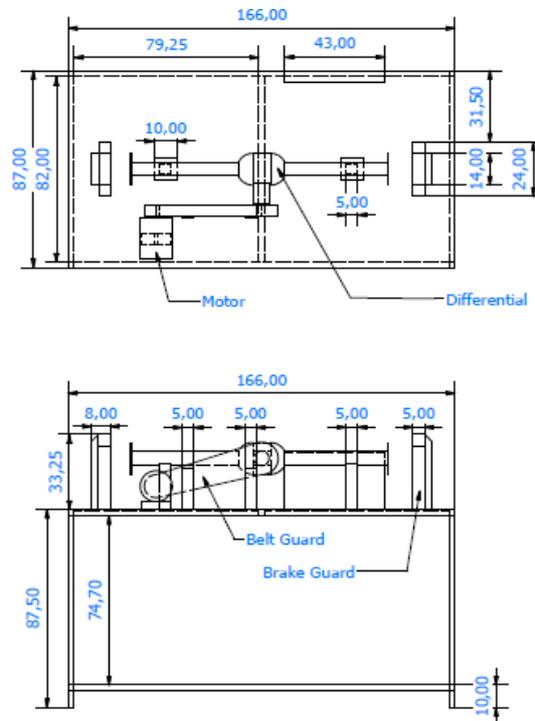
T = momen punter (kg.mm)

Factor koreksi momen lentur mempunyai ketentuan yaitu untuk poros yang berputar dengan pembebanan momen lentur tetap, besarnya factor $K-m = 1,5$. Poros dengan tumbukan ringan $K-m$ terletak antara 1,5 dan 2,0, dan untuk beban dengan tumbukan berat $K-m$ terletak antara 2 dan 3.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pembuatan simulator ini adalah dimulai dengan terlebih dahulu membuat desain simulator kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan yang dibutuhkan.

3.1 Desain Simulator



Gambar 2. Desain dan ukuran rancangan Simulator Differensial

3.2 Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan dan perancangan simulator adalah sebagai berikut :

- Tool box set, berisi *hand tools* serta *special tools* yang umum digunakan untuk membantu dalam proses pemasangan komponen yang menggunakan baut sebagai pengikat dan sebagainya.
- Mesin gerinda, digunakan untuk memotong bahan untuk pembuatan *stand* dan untuk menghaluskan sisa – sisa pengelasan.
- Portable hand drill / bench drill*, digunakan untuk membuat lubang pada bahan penelitian berupa besi

- pelat agar dapat diikat dengan baut dalam pembuatan *stand* dan lain – lain.
- d. Mesin las listrik, digunakan pada beberapa bahan penelitian yang membutuhkan penyambungan jika tidak memungkinkan untuk diikat hanya dengan baut saja.
 - e. Ragum (*vice bench*), digunakan untuk menjepit benda kerja yang akan dipotong atau sebagainya tanpa harus merusak benda kerja tersebut.
 - f. Penggaris siku, digunakan untuk mengukur kerataan pada besi pelat yang akan dijadikan rangka *stand*.
 - g. Meteran, digunakan untuk mengukur bahan penelitian sebelum melakukan pemotongan dan lain – lain dengan tujuan agar hasil lebih presisi.
 - h. Termometer *infrared*, digunakan untuk mengukur suhu komponen – komponen simulator pada saat pengujian.
 - i. *Tachometer infrared*, digunakan untuk mengetahui nilai RPM dari komponen – komponen simulator pada saat pengujian.
 - j. Peralatan keselamatan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan dan perancangan simulator yaitu *safety shoes, safety glasses, hand gloves, masker, dan topeng las*

3.3 Bahan

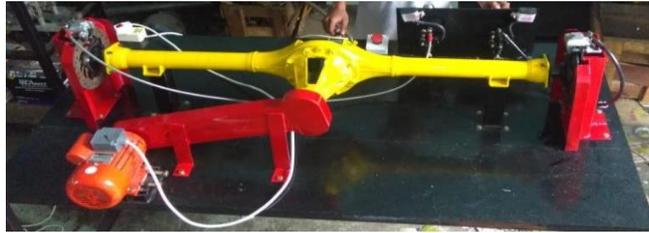
Berikut bahan - bahan utama dalam penelitian :

- a. *Differential* mobil *carry* 1.0, digunakan sebagai komponen utama dalam simulator yang akan memvisualisasikan sistem kerja *standar differential*. Panjang komponen \pm 1,5 Meter, berat komponen \pm 60 Kg.
- b. Motor elektrik, digunakan sebagai penggerak *differential* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Daya motor	: 1/4 HP
Putaran motor	: 1420 RPM
<i>Manufacturer</i>	: VENASTAR
Tipe	: YC712-4 <i>Single Phase Induction Motor</i>
Tegangan	: 220 Volt
- c. Besi *Hollow* 3,5 x 3,5 cm, digunakan sebagai rangka *stand/meja*.
- d. Besi pelat tebal 3 mm, digunakan sebagai bagian atas dari *stand/meja*
- e. Baut dan mur pengikat, digunakan untuk mengikat *differential* dan komponen – komponen lain pada *stand/meja*.
- f. *Pulley*, digunakan sebagai penyalur tenaga dari motor listrik menuju ke *differential* dengan media *v – belt*. Bahan *pulley* terbuat dari *Aluminium* dengan ukuran diameter dalam 14 mm
- g. *V – belt*, digunakan sebagai media penerus tenaga untuk menggerakkan *differential*. Penulis menggunakan *v- belt* tipe A-45 dengan panjang 90 cm dan lebar *contact point* 8 mm.
- h. *Switch on/off*, digunakan sebagai pengontrol pengoperasian motor listrik.
- i. *Emergency stop switch*, digunakan sebagai pemutus tenaga listrik yang menuju ke motor listrik ketika terjadi hal darurat.
- j. Besi *Strip* dan besi *hollow*, digunakan sebagai *guard* pada beberapa bagian simulator, ukurannya mengacu pada rancangan simulator. Tebal bahan berkisar dari 2 mm – 5 mm
- k. *Wheel disc / brake disc*, berfungsi layaknya roda sekaligus sebagai komponen pengereman.
- l. *Caliper*, sebagai komponen yang akan menjepit *wheel disc* di antara *piston* dan *brake pads*- nya sehingga dapat memperlambat putaran.
- m. *Master Caliper*, sebagai komponen yang mengalirkan *brake fluid* menuju ke *caliper* agar dapat bekerja. Komponenya terdiri dari *piston, push rod, dan brake fluid reservoir*.
- n. *Hydraulic Brake Fluid Line*, digunakan sebagai media perantara *brake fluid*.
- o. *Dimmer (Motor Speed Controller)* atau biasa juga dikenal dengan sebutan *potentiometer*, digunakan untuk mengontrol *output* RPM motor listrik
- p. Tuas / *lever*, sebagai alat kontrol yang akan dihubungkan dengan *push rod* pada *master caliper* agar dan memompa *brake fluid* menuju ke *caliper*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan rangka simulator



Gambar 3. Simulator standar differential

Perhitungan perancangan rangka simulator adalah sebagai berikut :

Data – data yang diketahui antara lain :

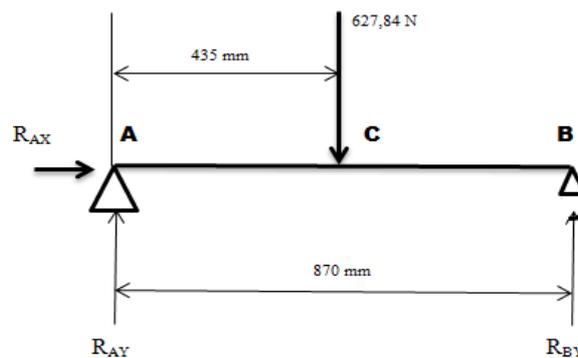
1. Massa 1 buah axle : 45 Kg
2. Massa 1 buah Motor listrik : 10 Kg
3. Massa 2 buah guard wheel : 6 Kg
4. Massa 1 buah control panel : 2 Kg
5. Massa 1 buah guard pulley : 1 Kg

Maka

$$\begin{aligned} \text{Massa total} &= 45 \text{ kg} + 10 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 1 \\ \text{kg Beban (F)} &= \text{massa total} \times \text{gaya gravitasi} \\ &= 64 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 627,84 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena pembebanan terjadi di 4 bidang batang besi, maka $627,84 : 4 = 156,96 \text{ N}$

Gaya yang bekerja pada batang rangka dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. Gaya yang bekerja pada rangka batang

Kesetimbangan Gaya Luar

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - 156,96 \text{ N} = 0$$

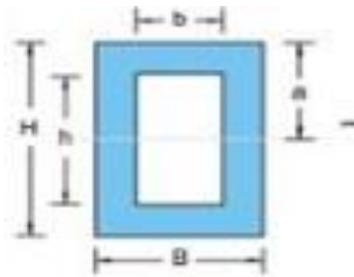
$$R_{AY} + R_{BY} = 156,96 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\begin{aligned}
 & - 156,96 \text{ N} \cdot 435 \text{ mm} + R_{BY} \cdot 870 \text{ mm} = 0 \\
 & - 68277,6 \text{ Nmm} + R_{BY} \cdot 870 \text{ mm} = 0 \\
 & R_{BY} \cdot 870 \text{ mm} = 68277,6 \text{ Nmm} \quad R_{BY} = 78,48 \text{ N} \\
 & R_{AY} + R_{BY} = 156,96 \text{ N} \\
 & R_{AY} + 78,48 \text{ N} = \\
 & 156,96 \text{ N} \quad R_{AY} = \\
 & 156,96 \text{ N} - 78,48 \text{ N} \\
 & R_{AY} = 78,48 \text{ N} \\
 M_A & = 0 \\
 M_C & = 0 \\
 & = R_{AY} \cdot 435 \text{ mm} \\
 & = 78,48 \text{ N} \cdot 435 \text{ mm} \\
 & = 34138,8 \text{ Nmm} \\
 M_B & = 0 \\
 & = R_{AY} \cdot 870 \text{ mm} - 156,96 \text{ N} \cdot 435 \text{ mm} \\
 & = 78,48 \text{ N} \cdot 870 \text{ mm} - 156,96 \text{ N} \cdot 435 \text{ mm} \\
 & = 68277,6 \text{ Nmm} - 68277,6 \text{ Nmm} \\
 & = 0
 \end{aligned}$$

Tegangan pada rangka

Rangka yang ingin dipakai berupa besi hollow kotak dengan dimensi 35 mm x 35 mm x 2 mm seperti pada gambar.



Gambar 6. Inersia besi *hollow* kotak

a. Momen Inersia

$$\begin{aligned}
 I & = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3) \\
 I & = \frac{1}{12} (35 \cdot 35^3 - 33 \cdot 33^3) \\
 I & = \frac{1}{12} (314704) = 26225,3 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

b. Jarak titik Berat

$$\begin{aligned}
 y & = \frac{b}{2} \\
 y & = \frac{35}{2} = 17,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Momen maksimum (M_{\max}) = 68277,6 Nmm

d. Tegangan tarik maksimum bahan (σ_{\max} bahan) = 723,83 N/mm²

e. Tegangan Tarik pada rangka (σ tarik rangka) = $\frac{M_{\max} \cdot y}{I} = \frac{68277,6 \cdot 17,5}{26225,3} = 45,56 \text{ N/mm}^2$

$$f. \quad \text{Safety Factor (Sf)} = \frac{\sigma \text{ Yield bahan}}{\sigma \text{ Tarik Rangka}} = \frac{620.42 \text{ N/mm}^2}{45.56 \text{ N/mm}^2} = 45.56 \text{ N/mm}^2$$

4.2 Hasil Pengujian

Pada pengujian ini penulis mengoperasikan simulator selama 50 menit, berkali - kali pada waktu yang berbeda – beda dan menyimpulkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Kondisi Komponen pada saat pengoperasian

Nama Komponen	Kondisi Saat Beroperasi					Keterangan
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit	
<i>Gear Differential</i>	27°C	29°C	31°C	33°C	35°C	Normal
Motor Listrik	41-44°C	58-60°C	69-70°C	84-85°C	92°C	Normal
<i>Wheel Disc Kanan</i>	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Normal
<i>Wheel Disc Kiri</i>	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Putaran Normal	Normal
Tuas <i>Brake Kanan</i>	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Normal
Tuas <i>Brake Kiri</i>	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Normal
<i>Dimmer</i>	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Normal
<i>Emergency Stop Sw.</i>	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Normal

Pada tabel di atas dapat penulis jelaskan bahwa pada komponen *gear differential* terjadi kenaikan suhu setiap 10 menit pengoperasian dikarenakan hal tersebut penulis mengajurkan untuk diberikan pelumasan (*chain lube*) setiap 10 menit untuk menjaga suhu gear agar tidak *overheating* dan menyebabkan keausan yang berlebih. Pada motor listrik terjadi kenaikan suhu yang signifikan, pengoperasian baiknya diberhentikan / dijeda sejenak setiap 30 menit untuk menurunkan suhu motor listrik. Jika tetap dioperasikan, dianjurkan untuk tidak melebihi 1 jam dan dengan catatan harus berhati hati dengan *hot surface* pada motor listrik.

Tuas brake kanan dan kiri beroperasi dengan baik secara keseluruhan tetapi jika ditemukan tuas yang *stuck* atau tertarik sedikit sehingga mempengaruhi putaran *wheel disc* maka dianjurkan mendorong dengan perlahan dan menarik tuas agar normal kembali. Kedua *wheel disc* berputar dengan normal sesuai dengan putaran *differential*.

Dimmer beroperasi dengan baik pada setiap kenaikan dan penurunan RPM motor listrik. Nilai resistansi yang dihasilkan dan RPM motor berbanding terbalik selama pengoperasian. *Emergency stop switch* berfungsi dengan baik setiap kali ditekan selama pengujian simulator.

Pengujian Korelasi Dimmer dengan RPM Motor Listrik

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui hubungan kenaikan / penurunan nilai resistansi yang diatur pada knob dimmer dengan nilai RPM yang dihasilkan motor listrik dengan dimmer sebagai pengontrol. Data diambil pada saat semua komponen telah dirakit dan dioperasikan selama 10 sampai 30 menit.



Gambar 7. Grafik Korelasi nilai resistansi *dimmer* dengan RPM motor listrik

Grafik di atas menunjukkan bahwa setiap penurunan nilai resistansi akan mengakibatkan naiknya nilai RPM dari motor listrik. Hasil ini juga menunjukkan bahwa nilai maksimum RPM motor setelah dirakit adalah 1435 RPM.

4.2 Pengujian *Low idle* dan *high idle*

Penulis mendapatkan hasil sebagai berikut pada saat melakukan pengujian pada posisi *low idle* dan *high idle* tanpa beban.

Tabel 2 Hasil pengujian *low idle* & *high idle* tanpa beban

Nama Komponen	Nilai RPM Posisi <i>Low Idle</i>	Nilai RPM Posisi <i>High Idle</i>
Wheel Disc Kanan	175 RPM \pm 4	216 RPM
Wheel Disc Kiri	175 RPM \pm 4	216 RPM

Pada Data tabel di atas menunjukkan nilai RPM pada saat tuas brake kiri dan kanan tidak ditarik. Berikut ini proses pengujian dengan diberikan beban dengan cara menekan tuas *brake* pada *brake control panel*

Tabel 3 Hasil pengujian *low idle* & *high idle* dengan beban

Nama Komponen	<i>Low Idle</i>		<i>High Idle</i>	
	Beban pada <i>Wheel Disc</i> Kanan	Beban pada <i>Wheel Disc</i> Kiri	Beban pada <i>Wheel Disc</i> Kanan	Beban pada <i>Wheel Disc</i> Kiri
<i>Wheel Disc</i> Kanan	0 RPM	356 RPM	0 RPM	433 RPM
<i>Wheel Disc</i> Kiri	350 RPM	0 RPM	435 RPM	0 RPM

Dari kedua tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran *shaft axle* dari *differential* akan berubah jika terdapat beban disatu sisi. Dari pengujian ini dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai RPM pada sisi *shaft axle* yang berputar bebas ketika pada shaft lain diberikan beban.

Hal di atas mensimulasikan perbedaan putaran antara roda kiri dan kanan ketika kendaraan / unit berbelok maupun pada saat unit terjebak di lumpur dan dengan adanya simulator ini juga dapat memberikan gambaran nyata / meng-visualisasikan bagaimana pergerakan *gear – gear differential* yang terdapat di dalam *axle* pada suatu kendaraan / unit agar dapat dipahami cara kerjanya

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan uji coba yang telah dilakukan dan dijabarkan di dalam laporan ini , penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Perancangan pada frame simulator telah di buat dengan rancangan yang mengacu pada ilmu ergonomis sehingga pada saat pengoprasian simulator dapat digunakan dengan baik .
- 2) Simulator bekerja dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan data dari hasil uji coba yang telah dilakukan.
- 3) Berdasarkan uji coba putaran *shaft axle*, simulator *standard differential* yang telah dibuat berhasil mensimulasikan pada saat unit berbelok atau mensimulasikan perbedaan putaran roda kiri dan kanan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Warsito, Mochammad Facta, M Anantha B P (2006). Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [2] Majedi, M, Wahyu Satiawan I, dan Mara M, “simulasi sistem electronic differential sebagai pengatur motor induksi pada mobil listrik menggunakan teknik field oriented control”, *Dielektrika*, ISSN 2086-9487 Vol. 3 No. 2 : 150 – 160, Agustus 2016
- [3] Haddoun, A., Benbouzid, M. E. H., Diallo, D., Abdessemed, R., Ghouili, J., & Srairi, K, “Design and implementation of an electric differential for traction application,” *In 2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, pp. 1-6, 2010
- [4] Pambudi Tri A, Eka Pramono G, dan Yuliani D, “Analisa sistem roda gigi differensial penggerak roda belakang kendaraan mobil listrik”, *Almikanika Vol 1 No. 1* Januari 2019
- [5] Dept. Training Center Trakindo-Tembagapura Division, “*Fundamental Power Train System*”, Papua, 2008
- [6] Dept.Training Center, PT. Trakindo Utama Cileungsi, “*Buku ajar Fundamental Power Train System*”, Jakarta 2014
- [7] Sularso, “*Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*,” 11th edn. Edited by P. Paramita. Jakarta: PT. AKA, 2013
- [8] Shigley, J. E., Mitchell, L. D., & Harahap, G., “*Perencanaan Teknik Mesin*,” Edisi Keempat Jilid 1. Penerbit Erlangga: Jakarta, 1984