

## ANALISA SISTEM RODA GIGI DIFERENSIAL PENGGERAK RODA BELAKANG KENDARAAN MOBIL LISTRIK (IKSA)

Tri Agung Pambudi<sup>1</sup>, Gatot Eka Pramono<sup>1</sup>, Dwi Yuliaji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Corresponden Author : atri4720@gmail.com

### ABSTRAK

Roda gigi diferensial adalah salah satu sistem transmisi pada mobil, di mana motor listrik adalah penggerak utama dari mobil listrik yang terintegrasi dengan gigi diferensial sehingga rotasi motor listrik langsung ditransmisikan ke gigi diferensial penggerak belakang. Dalam studi ini, motor listrik menggunakan motor DC brushless 2200 W DC 60 V, BLDC, motor, BM1424HQF-14A jenis motor. Torsi maksimum di gigi akhir adalah 600 Nm. Penelitian ini difokuskan pada perhitungan rasio roda gigi diferensial, kekuatan tangensial yang terjadi pada roda gigi, perhitungan torsi gigi. Dari hasil dan pembahasan pada perhitungan torsi maksimum di gigi akhir 600 Nm, hasil torsi maksimum di gigi pinion diperoleh. Ketika kecepatan gigi pinion adalah 1 rpm, gaya torsi yang dihasilkan sebesar yang dapat dinyatakan bahwa gigi aman untuk digunakan dengan daya motor 2.2 kW.

**Kata kunci :** Roda Gigi Diferensial, Rasio Gigi, Gaya Tangensial, Torsi

### ABSTRACT

*Differential gears are one of the round transmission systems on cars, where the electric motor is the main activator of the electric car that has been integrated with the differential gear so the rotation of the electric motor is directly transmitted to the rear activator differential gear. In this study, an electric motor uses a 2200 W DC 60 v brushless motor, BLDC, motor, BM1424HQF-14A motor type. The maximum torque in the final gear is 600 Nm. This study focused on calculating the ratio of differential gears, tangential forces that occur on gears, calculation of gear torque. From the results and discussion on the calculation of the maximum torque in the final gear of 600 Nm, the maximum torque results in the pinion gear are obtained. When the pinion gear speed is at 1 rpm, the torque force generated is as large as it can be stated that the gears are safe to use with a motor power of 2.2 kW.*

**Keywords :** Differential Gear, Gear Ratio, Tangential Style, Torque

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dewasa ini tumbuh dengan pesat dan memberikan keuntungan dalam kebutuhan masyarakat, baik dalam bidang informasi, komunikasi, otomotif dan bidang-bidang lainnya. Berbagai jenis teknologi diciptakan untuk membantu berbagai permasalahan dalam kehidupan manusia. Salah satunya perkembangan dalam dunia otomotif, menyebabkan peningkatan kebutuhan akan bahan bakar fosil yang dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Namun, perkembangan jaman energi fosil yang sering kita gunakan di bumi ini semakin berkurang, maka dari itu industri dunia otomotif mulai mengembangkan mobil listrik untuk menggantikan energi fosil/mineral tersebut (Irawan, 2016) Dengan energi listrik sebagai penggerak mobil listrik bisa mengurangi pemakaian bahan bakar fosil yang sudah menipis cadangannya.

Kendaraan mobil listrik memerlukan sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan daya dari sumber penggerak kendaraan ke roda dengan mengatur putaran sesuai tingkat kecepatan yang diinginkan. Dalam sistem penggerak terdapat beberapa komponen yang saling berkaitan, diantaranya motor penggerak, gardan dan roda. Ketiga komponen tersebut termasuk dalam komponen utama agar mobil listrik dapat melaju (Sularso, 2013).

Tidak ada perbedaan antara diferensial pada mobil listrik dan diferensial pada mobil penggerak roda belakang pada umumnya, karena pada mobil listrik, motor listrik sudah menjadi satu dengan diferensial sehingga putaran dari motor listrik langsung di transmisikan ke diferensial penggerak roda belakang. sistem diferensial merupakan suatu alat khusus yang diperlukan dalam kendaraan mobil untuk mengimbangi perbedaan kecepatan

yang terjadi pada roda belakang apabila kendaraan melalui suatu jalanan yang menikung. Fungsinya untuk membagi besaran gaya dan gaya antara roda kanan dan roda kiri, dan gunanya memberi fleksibilitas gerakan poros roda belakang dalam membentuk putaran yang berbeda dari keduanya. Bila roda-roda bergerak pada rpm yang sama pada saat kondisi berbelok dan kondisi jalan tidak rata, maka salah satu akan terjadi slip (Shigley, et al.,1984).

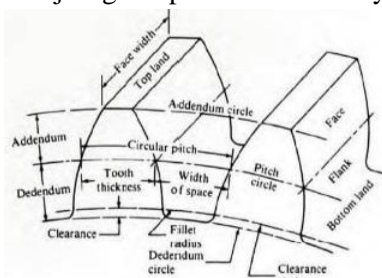
Dalam permasalahan tersebut, dilakukan analisa pada roda gigi diferensial untuk mendukung sistem transmisi pada kendaraan mobil listrik yang penulis angkat menjadi topik tugas akhir yang berjudul “Analisa Sistem Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang Kendaraan Mobil Listrik (IKSA)”.

Penelitian yang akan dilaksanakan dengan tujuan yang ingin dicapai, yaitu: Memperoleh perhitungan roda gigi diferensial penggerak roda belakang mobil listrik berupa perhitungan rasio roda gigi, memperoleh gaya tangensial roda gigi dengan daya motor sebesar 2.2 kW dan gaya torsi maksimum berdasarkan batas torsi maksimum pada final gear sebesar 600 Nm.

Penelitian yang akan dilaksanakan dengan tujuan yang ingin dicapai, yaitu: memperoleh perhitungan roda gigi diferensial penggerak roda belakang mobil listrik berupa perhitungan rasio roda gigi, memperoleh gaya tangensial roda gigi dengan daya motor sebesar 2.2 kW dan gaya torsi maksimum berdasarkan batas torsi maksimum pada final gear sebesar 600 Nm.

**• Roda Gigi**

Roda gigi adalah salah satu jenis elemen transmisi yang penting dalam penerusan daya atau putaran serta dalam suatu sistem transmisi antara penggerak dan yang digerakkan. Suatu konstruksi roda gigi digunakan pula pada sistem pengatur pemindah putaran, atau sebagai pengubah gerak lurus menjadi gerak putar atau sebaliknya.



Gambar 1 Roda Gigi Lurus

**• Perhitungan Rasio Roda Gigi**

Roda gigi kerucut yang terdapat pada bagian diferensial terdiri dari pinion gear dan ring gear. Karena berfungsi untuk meneruskan putaran, maka akan terdapat selisih di putaran antara dua roda gigi tersebut. Perbandingan rasio putaran antara gear pinion dan gear ring (rasio final gear  $i_f$ ) dapat dihitung dengan rumus (Dwi & Anwar, 2013).

$$i_f = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \dots\dots\dots 1$$

Dimana :  $i_f$  = rasio final gear

$n$  = putaran (rpm)

$d$  = diameter roda gigi (mm)

$z$  = jumlah gigi

Diameter lingkaran jarak bagi :

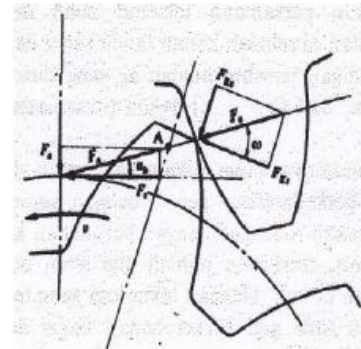
$$d_1 = mz_1$$

$$d_2 = mz_2 \dots\dots\dots 2$$

Dimana :  $m$  = modul

**• Perhitungan Gaya Tangensial**

Kerusakan yang berupa gigi patah, aus atau berlubang di permukaan juga bisa dialami roda gigi diferensial. Untuk hal ini penulis menghitung gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi. Biasanya, kekuatan gigi terhadap lenturan dan tekanan permukaan merupakan yang terpenting untuk diperhatikan. Kemudian, sebagai tambahan akhir-akhir ini juga dianggap penting untuk memperhitungkan kekuatan goresan, yaitu gejala di mana luka-luka goresan pada permukaan gigi pada roda gigi berbeban besar dan berputar tinggi karena penguapan slaput minyak.



Gambar 2 Gaya Pada Roda Gigi

Gaya tangensial bisa dihitung dengan cara menghitung kecepatan keliling  $v_k(m/s)$  terlebih dahulu. Jika diameter jarak bagi  $d_1$  dan roda gigi mempunyai kecepatan putaran  $n_1$  (rpm), maka kecepatan keliling adalah (Yamin & Satyadarma, 2012).

$$v_k = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots 3$$

Hubungan daya yang di transmisikan  $P$  (kw), gaya tangensial  $P$  (kw), gaya tangensial  $F_t$  (N) dan kecepatan keliling  $v_k$  (ms) adalah :

$$P = \frac{F_t v_k}{102} \dots\dots\dots 4$$

• **Torsi**

Ketika pasangan roda gigi berputar, maka akan terjadi torsi pada roda gigi tersebut, namun penulis menghitung analisa atas dasar penggerak motor dengan spesifikasi daya motor 2.2 kW. Maka persamaan torsi dapat diketahui:

$$T = \frac{P.60}{2\pi n} \dots\dots\dots 5$$

Dimana :

$P$  = Daya (kw)

$T$  = Torsi yang diterima oleh roda gigi (Nm)

$n$  = Putaran roda gigi (rpm)

**2. METODE PENELITIAN**

• **Waktu dan Tempat Penelitian**

Tempat penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Lab Manufaktur Universitas Ibn Khaldun Bogor. Waktu pelaksanaannya dimulai pada bulan September 2017 hingga bulan Oktober 2018

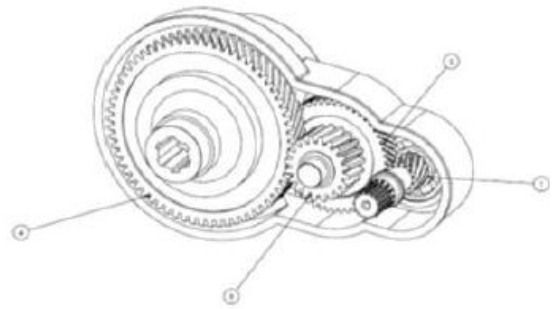
• **Bahan dan Alat**

Dalam pelaksanaan tugas akhir perancangan mobil listrik ini penulis menganalisa diferensial penggerak roda belakang dengan Tipe motor memakai 2200 W DC 60 V brushless motor, BLDC, motor, BM1424HQF-14A. motor listrik ini memiliki daya 2.2 kW.

Roda gigi diferensial penggerak motor belakang ini menggunakan bahan SNC 21 celup. Dan diameter roda gigi pinion 24 mm memiliki ketebalan 20 mm. Putaran maksimal dari motor yang ditransmisikan oleh roda gigi pinion dengan kecepatan 4500 rpm dan torsi maksimal pada final gear sebesar 600 Nm. Bentuk motor dan roda gigi diferensial yang akan di gunakan pada mobil listrik ada pada gambar 3 dan roda gigi diferensial pada gambar 4 adalah sebagai berikut.



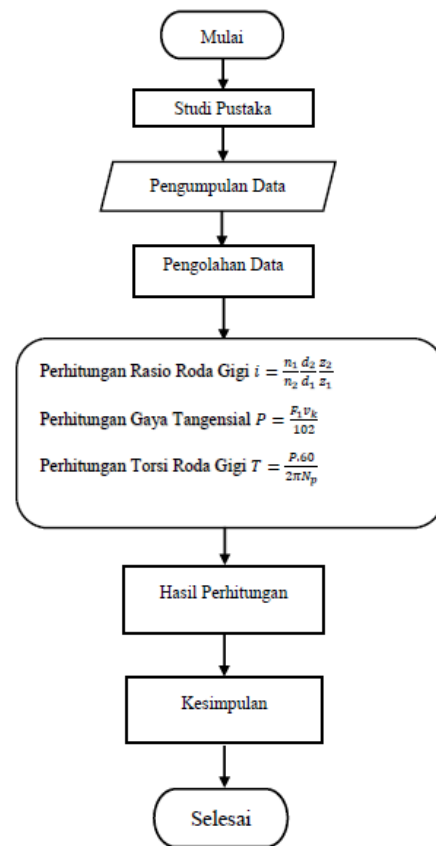
Gambar 3. Motor Gardan



Gambar 4. Roda gigi diferensial

• **Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian atau flow chart adalah suatu proses yang dilakukan untuk menunjukkan langkah-langkah dalam suatu penelitian. Berikut alur kerja penelitian :



Gambar 5 Diagram alir penelitian

• **Gambar Rangka Mobil Listrik Ikks**

Adapun desain rangka mobil listrik seperti terlihat pada gambar 6 dan letak motor listrik beserta gardan mobil listrik terlihat pada gambar 7.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### • Data-data

Data-data yang dikumpulkan adalah data yang diperoleh dari spec differential gear motor dan juga literatur yang berhubungan dengan perhitungan roda gigi, BM1424HQF-14A. Adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$P = \text{Daya yang} = 2.2 \text{ kw}$$

$$n = \text{Putaran maksimal} = 4500 \text{ rpm}$$

$$Z1 = \text{Jumlah roda gigi} = 13$$

$$Z2 = \text{Jumlah roda gigi} = 50$$

$$Z3 = \text{Jumlah roda gigi} = 20$$

$$Z4 = \text{Jumlah roda gigi} = 60$$

$$d1 = \text{Diameter roda gigi} = 24$$

$$d2 = \text{Diameter roda gigi} = 79.30$$

$$d3 = \text{Diameter roda gigi} = 45.60$$

$$d4 = \text{Diameter roda gigi} = 132$$

Pinion Gear menggunakan bahan SNC 21 celup. Maka diketahui

$$Wt = 39.4 \text{ N}$$

$$m = 1.5 \text{ mm}$$

$$F = 20 \text{ mm}$$

$$J = 0.22 \text{ Dari Tabel}$$

$$Ka = 1.30 \text{ Dari Tabel}$$

$$Ks = 1 \text{ Dari Tabel}$$

$$Km = 1.2 \text{ Dari Tabel}$$

$$Kb = 1 \text{ Dari Tabel}$$

$$Kv = 0.6 \text{ Dari Tabel}$$

#### • Perhitungan Rasio Roda Gigi

Rasio roda gigi adalah angka yang menunjukkan tingkat ukuran besar kecilnya antara gigi-gigi pada transmisi. Rasio roda gigi ini menunjukkan percepatan yang dihasilkan dari kombinasi gigi-gigi atau gear pada transmisi tentunya pada masing-masing tingkat percepatan (gigi 1, 2, 3 dan seterusnya).

Dengan menghitung jumlah gigi pada gear box gardan dengan dua kombinasi kita bisa menggunakan rumus (Wahjudi, 2012).

$$i_f = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

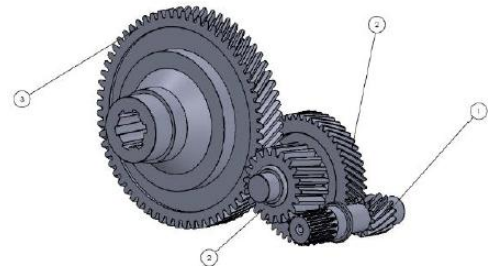
Diketahui jumlah masing- masing roda gigi :

$$Z1 = \text{Jumlah roda gigi} = 13$$

$$Z2 = \text{Jumlah roda gigi} = 50$$

$$Z3 = \text{Jumlah roda gigi} = 20$$

$$Z4 = \text{Jumlah roda gigi} = 60$$



Gambar 6 Transmisi Roda Gigi Differential Mobil Listrik

Maka,

$$1. \quad i_f = \frac{z_2}{z_1} = \frac{50}{13} = 3,85$$

$$2. \quad i_f = \frac{z_3}{z_2} = \frac{20}{50} = 0,4$$

$$3. \quad i_f = \frac{z_4}{z_3} = \frac{60}{20} = 3$$

Dengan menggunakan rasio kombinasi 2 gigi maka kita dapatkan rasio roda gigi  $z_2/z_1=3.85$  , rasio roda gigi  $z_3/z_2=0.4$ , rasio roda gigi  $z_4/z_3=3.2$ .

Untuk melakukan perhitungan rasio roda gigi dengan empat kombinasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$i = \left( \frac{z_2}{z_1} \right) \times \left( \frac{z_4}{z_3} \right)$$

Maka :

$$i = \left( \frac{50}{13} \right) \times \left( \frac{60}{20} \right)$$

$$i = 3,8 \times 3$$

$$i = 11,52 = 12$$

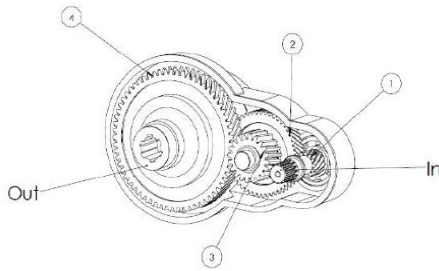
Hasil dari melakukan perhitungan rasio roda gigi dengan kombinasi empat roda gigi kita mendapatkan hasil perhitungan rasio empat gigi adalah  $(Z2/Z1) \times (Z4/Z3) = 11.52$

#### • Perhitungan Kecepatan Roda Gigi

Kecepatan yang terjadi pada masing-masing roda gigi berbeda. Kecepatan awal yang ditransmisikan oleh gear pinion dengan kecepatan 4500 rpm. Maka perlu mencari perhitungan untuk mengetahui kecepatan pada masing-masing roda



gigi. Adapun untuk mencari kecepatan roda gigi sebagai berikut :



Gambar 7. Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang Mobil Listrik

$$\text{Diketahui : } \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

- Kecepatan roda gigi  $n_1$   
 $n_1 = 4500 \text{ rpm} = 75 \text{ putaran/detik}$

- Menghitung kecepatan  $n_2$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\frac{4500}{n_2} = 3,84$$

$$n_2 = \frac{4500}{3,84}$$

$$n_2 = 1171,9 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 19,53 \text{ putaran/detik}$$

- Menghitung kecepatan  $n_3$

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_4}{z_3}$$

$$n_3 = \frac{1171,9}{3}$$

$$n_3 = 390,7 \text{ rpm}$$

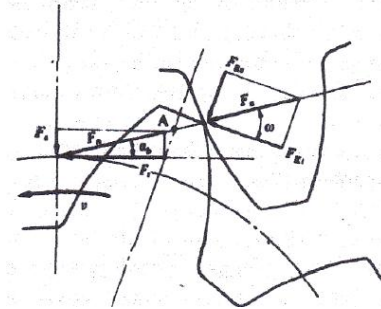
$$n_3 = 6,5 \text{ putaran/detik}$$

Kecepatan awal yang ditransmisikan oleh gir pinion dengan putaran maksimal 4500 rpm diteruskan ke roda gigi nomer 2 dengan hasil kecepatan 1171.9 rpm. Karena roda gigi 3 satu poros dengan roda gigi ke 2 maka roda gigi ke 3 memiliki kecepatan yang sama terhadap roda gigi 2 dengan kecepatan 1171.9 rpm dan terakhir diteruskan ke roda gigi 4 (final gear) didapatkan hasil dengan kecepatan 390.7 rpm. Setelah melakukan perhitungan kecepatan roda gigi diferensial barulah mencari gaya tangensial pada roda gigi sebagai berikut:

- **Menghitung Gaya Tangensial**

Kerusakan yang berupa gigi patah, aus atau berlubang di permukaan juga bisa dialami roda gigi

diferensial. Untuk hal ini penulis menghitung gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi. Gaya tangensial bisa dihitung dengan cara menghitung kecepatan keliling  $v_k$  ( $m/s$ ) terlebih dahulu. Jika diameter jarak bagi  $d_1$  dan roda gigi mempunyai kecepatan putaran  $n_1$  (rpm). Setelah melakukan perhitungan untuk mencari kecepatan keliling pada roda gigi ditemukan barulah mencari gaya tangensial yang terjadi pada setiap roda gigi diferensial kendaraan mobil listrik.



Gambar 8. Gaya pada roda gigi

Untuk menghitung gaya tangensial yang terjadi, terlebih dahulu kita mencari kecepatan keliling roda gigi pinion.

Kecepatan yang ditransmisikan: 4500 rpm

1. Kecepatan keliling roda gigi pinion ( $z_1$ ) adalah :

$$v_k = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000}$$

$$\text{Diketahui : } d_1 = 24 \text{ mm}$$

$$n = 4500 \text{ rpm}$$

$$v_k = \frac{3,14 \times 24 \times 4500}{60 \times 1000} \text{ m/s}$$

$$v_k = \frac{183690}{60000} \text{ m/s}$$

$$v_k = 5,7 \text{ m/s}$$

Setelah kita mendapatkan kecepatan keliling roda gigi, maka bisa melanjutkan menghitung gaya tangensial.

$$P = \frac{F_t v_k}{102}$$

$$F_t = \frac{P \times 102}{v_k}$$

$$\text{Dimana : } P = 2,2 \text{ kw}$$

$$v_k = 5,7 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{2,2 \times 102}{5,7}$$

$$F_t = 39,4 \text{ N}$$

2. Kecepatan keliling roda gigi ke 2 ( $z_2$ ) adalah:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } d_4 &= 20 \text{ mm} \\ n &= 1171,9 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} v_k &= \frac{3,14 \times 20 \times 1171,9}{60 \times 1000} \text{ m/s} \\ v_k &= \frac{73595,32}{60000} \text{ m/s} \\ v_k &= 1,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Setelah kita mendapatkan kecepatan keliling roda gigi, maka bisa melanjutkan menghitung gaya tangensial

$$\begin{aligned} P &= \frac{F_t v_k}{102} \\ F_t &= \frac{P \times 102}{v_k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } P &= 2,2 \text{ kw} \\ v_k &= 1,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$F_t = \frac{2,2 \times 102}{1,3}$$

$$F_t = 172,7 \text{ N}$$

Kecepatan keliling yang terjadi pada roda gigi 1 ( $z_1$ ) adalah 5,7 m/s dan gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi 1 terhadap roda gigi ke 2 sebesar 39,4 N. Kecepatan keliling roda gigi 2 ( $z_2$ ) adalah 1,3 m/s dan gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi 3 terhadap roda gigi 4 sebesar 172,7 N. Setelah gaya tangensial diketahui, maka untuk menghitung gaya torsi sebagai berikut :

- Perhitungan Gaya Torsi

Ketika pasangan roda gigi berputar, maka akan terjadi torsi pada roda gigi tersebut. Diketahui dari spesifikasi roda gigi diferensial bahwa torsi maksimum yang terdapat final gear sebesar 600 Nm, maka dari itu harus mencari torsi maksimum yang pada roda gigi pinion. Dimana mencari nilai gaya torsi menggunakan persamaan sebagai berikut :  $T=FR$

Dan untuk mencari gaya berdasarkan torsi pada roda gigi sebagai berikut :

$$F=TR$$

Dan untuk mencari gaya berdasarkan torsi pada roda gigi sebagai berikut:

$$F = \frac{T}{R}$$

1. Gaya pada roda gigi 4 atau final gear adalah:

Diketahui:

$$T = 600 \text{ Nm}$$

$$R_4 = 66 \text{ mm} = 0,066 \text{ m}$$

Maka:

$$F = \frac{T}{R}$$

$$F = \frac{600 \text{ Nm}}{0,066 \text{ m}}$$

$$F = 9091 \text{ N}$$

2. Lalu mencari gaya torsi pada roda gigi 3 dengan :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } F &= 9091 \text{ N} \\ R_3 &= 22,8 \text{ mm} = 0,0228 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$T = FR$$

$$T = 9091 \text{ Nm} \times 0,0228 \text{ m}$$

$$T = 207,3 \text{ Nm}$$

3. Gaya pada roda gigi 2 adalah:

$$\text{Diketahui: } T = 207,3 \text{ Nm}$$

$$R_4 = 39,7 \text{ mm} = 0,0397 \text{ m}$$

Maka:

$$F = \frac{T}{R}$$

$$F = \frac{207,3 \text{ Nm}}{0,0397 \text{ m}}$$

$$F = 5221,6 \text{ N}$$

4. Lalu mencari gaya torsi pada roda gigi 1 dengan :

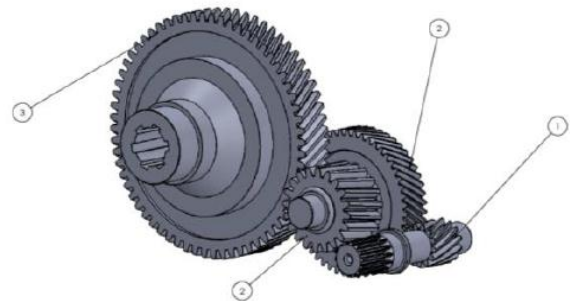
$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } F &= 5221,6 \text{ N} \\ R_3 &= 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$T = FR$$

$$T = 5221,6 \text{ Nm} \times 0,012 \text{ m}$$

$$T = 62,7 \text{ Nm}$$



Gambar 9 Rangkaian Roda Gigi Diferensial

Setelah melakukan analisa perhitungan torsi pada roda gigi pinion barulah diketahui bahwa gaya torsi maksimum pada roda gigi pinion sebesar 62,7 Nm. Setelah mendapatkan nilai torsi barulah mencari gaya torsi pinion berdasarkan daya dari spesifikasi motor sebesar 2.2 kW dan kecepatan maksimum 1 rpm. Dimana semakin kecil rpm semakin besar torsi pada roda gigi tersebut maka menggunakan persamaan:

$$T = \frac{P \cdot 60}{2\pi n}$$

Diketahui :

$$P = 2,2 \text{ Kw}$$

$$n = 1 \text{ rpm}$$

Maka :

$$T = \frac{2,2 \times 60}{2 \times 3,14 \times 1}$$

$$T = \frac{132}{6,3}$$

$$T = 21 \text{ Nm}$$

Maka torsi yang terjadi dengan kecepatan 1 rpm sebesar 21 Nm, karena torsi maksimum pada roda gigi pinion sebesar 62.7 Nm maka roda gigi dinyatakan aman. Setelah torsi roda gigi diketahui, maka tegangan lentur yang terjadi pada roda gigi pinion bisa dihitung sebagai berikut :

#### • Tegangan Lentur Pada Roda Gigi

Roda gigi pinion menggunakan bahan SNC 21. Tegangan Lentur yang terjadi pada roda gigi diakibatkan oleh terjadinya gaya kontak antar roda gigi. Tegangan lentur pada roda gigi pinion adalah yang harus pertama diketahui. Karena semua tegangan yang terjadi diakibatkan oleh tegangan pinion ini. Adapun untuk mencari tegangan lentur sebagai berikut:

$$\sigma_L = \frac{W_t}{m \cdot F \cdot J} \frac{K_a \cdot K_s \cdot K_m \cdot k_b}{K_v}$$

Diketahui:

$$W_t = 39,4 \text{ N}$$

$$m = 1,5 \text{ mm}$$

$$F = 20 \text{ mm}$$

$$J = 0,22$$

$$K_a = 1,30$$

$$K_s = 1$$

$$K_m = 1,2$$

$$K_b = 1$$

$$K_v = 0,6$$

Maka :

$$\sigma = \frac{39,4}{1,5 \times 20 \times 0,22} \times \frac{1,30 \times 1 \times 1,2 \times 1}{0,6}$$

$$\sigma = \frac{39,4}{6,6} \times \frac{1,56}{0,6}$$

$$\sigma = 5,97 \times 2,6$$

$$\sigma = 15,522 \text{ Nmm}^2$$

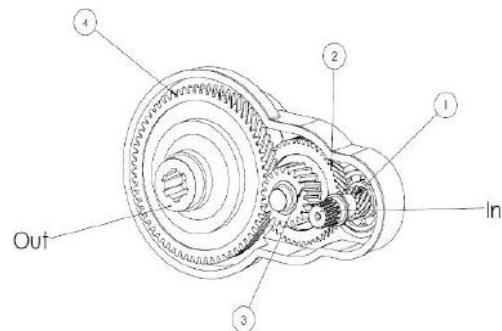
$$\sigma = 15,59 \text{ mpa}$$

Tegangan lentur yang terjadi pada roda gigi pinion sebesar 15.59 MPa karena besarnya tegangan lentur yang terjadi kurang dari tegangan lentur yang diizinkan sebesar 480.53 MPa maka roda gigi pinion dikatakan aman.

#### • Data Melalui Perhitungan Analisa

Berdasarkan spesifikasi yang tertera ada pada roda gigi diferensial penggerak roda belakang, torsi maksimum yang diterima final

gear sebesar 600 Nm dan daya pada motor penggerak roda gigi sebesar 2.2 kw. Maka dari itu perlu mengetahui torsi maksimum pada roda gigi pinion dengan analisa perhitungan roda gigi kendaraan mobil listrik.



Gambar 10 Roda Gigi Diferensial

Analisa perhitungan pada roda gigi kendaraan mobil listrik bertujuan untuk mencari nilai pada batas maksimum torsi roda gigi. Terutama pada roda gigi pinion. Karena daya maupun rpm ditransmisikan melalui roda gigi pinion ke roda gigi lainnya. Hasil analisa perhitungan roda gigi adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Rasio Roda Gigi

No	Kombinasi	Rasio
1	Dua kombinasi ( $z_1$ & $z_2$ )	3,85
2	Dua kombinasi ( $z_2$ & $z_3$ )	0,4
3	Dua kombinasi ( $z_3$ & $z_4$ )	3,2
4	Empat kombinasi	11,52

Tabel 2 Kecepatan Roda Gigi

No	Roda Gigi	$n$
1	Roda Gigi 1	4500 rpm
2	Roda Gigi 2	1171,9 rpm
3	Roda Gigi 3	1171,9 rpm
4	Roda Gigi 4	390,7 rpm

Tabel 3 Kecepatan Keliling dan Gaya Tangensial

No	Roda Gigi	$v_k$	$F_t$
1	Roda Gigi 1	5,7 m/s	39,4 N
2	Roda Gigi 2	1,3 m/s	39,4 N
3	Roda Gigi 3	1,3 m/s	172,7 N
4	Roda Gigi 4	8,1 m/s	172,7 N

Tabel 4 Torsi Roda Gigi

No	Roda Gigi	$T$
1	Roda Gigi 1	62,7 Nm
2	Roda Gigi 2	207,3 Nm
3	Roda Gigi 3	207,3 Nm
4	Roda Gigi 4	600 Nm

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa perhitungan pada roda gigi diferensial penggerak roda belakang kendaraan, dan data awal yang diketahui dari spesifikasi motor listrik dan roda gigi diferensial penggerak roda belakang kendaraan mobil listrik bahwa daya motor listrik sebesar 2.2 kW dan kecepatan maksimum yang di transmisikan oleh roda gigi pinion dengan kecepatan 4500 rpm dan torsi maksimum yang ada pada final gear sebesar 600 Nm. Maka dari itu didapatkan hasil analisa di dapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Rasio yang terdapat pada masing masing roda gigi pada sistem transmisi memiliki nilai 3.85, roda gigi ke dua memiliki nilai 0.4 dan roda gigi ke 3 memiliki nilai 3.2. Namun jika dirata-ratakan mempunyai perbandingan rasio dengan nilai 1:11.52.
2. Gaya tangensial yang terjadi pada roda gigi 1 terhadap roda gigi ke 2 sebesar 39.4 N, dan gaya tangensial pada roda gigi 3 terhadap roda gigi 4 sebesar 172.7 N.

3. Torsi maksimum yang ada pada final gear sebesar 600 Nm dan torsi pada pinion gear sebesar 62.7 Nm. Pada saat kecepatan roda gigi pinion dengan kecepatan 1 rpm maka gaya torsi yang dihasilkan sebesar 21 Nm. Dan ketegangan lentur pada roda gigi pinion sebesar 2.51 kg/mm<sup>2</sup>. Maka dari itu roda gigi aman untuk digunakan pada kendaraan.

#### • Saran

Pada analisa ini masih banyak kekurangan yang dapat disempurnakan oleh analisa berikutnya. Adapula beberapa saran atas pengembangan analisa untuk pengembangan mobil listrik. Pengembangan tentang perancangan dan analisa mobil listrik ini diharapkan ada yang melanjutkan dan menambahkan daya motor listrik untuk sistem transmisi mobil listrik IKSA.

#### 5. REFERENSI

- Dwi Putra, R. A., & Anwar, S. (2013). "Rancang Bangun Rangka Mobil Listrik Garnesa". *Jurnal Rekayasa Mesin*, 1(01), 26-33.
- Irawan, A. P. 2016. Perancangan Sistem Transmisi Roda Gigi. *Kanisius, Yogyakarta*.
- Sularso. (2013). Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin. 11th edn. Edited by P. Paramita. Jakarta: PT. AKA.
- Shigley, J. E., Mitchell, L. D., & Harahap, G. (1984). Perencanaan Teknik Mesin, Edisi Keempat Jilid 1. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Wahjudi, D., Eng, M., & Studi, P. (2012). Desain Perangkat Pengisian Baterai mobil listrik Dengan Pendekatan Efisiensi Lahan Dan Fleksibilitas Produk. *J. Tingkat Sarj. FSRD ITB*, 1(1), 1-5.
- Yamin, I. M., & Satyadarma, D. (2012). Perancangan Mesin Pencacah Sampah (Crusher). *Skripsi Program Studi Teknik Mesin*