

Perancangan dan Analisis Transmisi Pada ATV Bak Listrik Menggunakan Metode Elemen Hingga

Dimas Rizki Kurniawan*, Deri Teguh, Iman Dirja

Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang,

Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

*E-mail: 1910631150077@student.unsika.ac.id

Diajukan: 20-07-2023; Diterima: 21-04-2024; Dipublikasi: 29-04-2024

Abstrak

Pemakaian bahan bakar minyak menyebabkan energi fosil kian lama menghilang, dan menimbulkan polusi udara. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu mengganti kendaraan berbahan bakar minyak menjadi bahan bakar energi alternatif, yaitu kendaraan listrik. Kendaraan listrik adalah kendaraan yang ditenagai oleh motor listrik yang mengambil daya dari baterai. Kendaraan listrik untuk pedesaan yang dibuat yaitu ATV Bak yang mengadopsi desain dari ATV (*All terrain vehicle*). Kendaraan membutuhkan performa untuk berjalan, melewati tanjakan atau membawa beban berat. Sistem transmisi juga bertindak mengubah daya rotasi dan kecepatan dengan adanya rasio transmisi. Mekanisme tersebut berfungsi untuk mentransfer tenaga mesin ke diferensial. Tujuan penelitian ini adalah (1) menentukan rasio transmisi, (2) mendesain transmisi menggunakan solidworks 2020 (3) menganalisis *gear* transmisi dengan solidworks 2020. Metode penelitian menggunakan metode elemen hingga pada solidworks. Material yang digunakan untuk analisis pada *gear* yaitu baja S45C atau AISI 1045. Hasil penelitian yaitu sebuah desain transmisi untuk ATV Bak listrik dan hasil analisis statis dari *gear*. Pada *gear* A dan B diperoleh *stress max* 108,2 Mpa, *displacement max* 0,006 mm, dan *fos min* 4,897. Kemudian Pada *gear* C dan D diperoleh *stress max* 113.9 Mpa, *displacement max* 0.011 mm, dan *fos min* 4,652. Pada *gear differential* diperoleh *stress max* 174 Mpa, *displacement max* 0.038 mm, dan *fos min* 3,035. Sedangkan pada *gear* cacing diperoleh *stress max* 127 Mpa, *displacement* 0.014 mm, dan *fos min* 4,149. Berdasarkan analisis, semua *gear* kecuali *gear differential* dikatakan aman. Maka, *gear differential* harus didesain ulang dengan menambahkan jumlah gigi dan membesarkan diameter *pitch*-nya.

Kata kunci: Analisis, Kendaraan Listrik, Perancangan, Rasio, Transmisi

Abstract

The use of fuel oil causes fossil energy to disappear over time, and causes air pollution. One way to overcome this is to replace oil-fueled vehicles into alternative energy fuels, namely electric vehicles. An electric vehicle is a vehicle powered by an electric motor that power from a battery. The electric vehicle for the countryside made is ATV Bak which adopts the design of ATV (All terrain vehicle). The vehicle needs performance to walk, go over inclines or carry heavy loads. The transmission system also acts to change rotational power and speed in the presence of transmission ratios. The mechanism serves to transfer engine power to differential. The purpose of this study is (1) determine the transmission ratio, (2) design the transmission using solidworks 2020 (3) analyze the transmission gear with solidworks 2020. The research method uses the finite element method on solidworks. The material used for analyze on gears is S45C steel or AISI 1045. The results of the study were a transmission design for ATV electric tubs and static analyze results of gears. In gears A and B obtained a stress max of 108.2 Mpa, a displacement max of 0.006 mm, and a minimum of 4.897 fos. Then in gears C and D obtained a stress max of 113.9 Mpa, a displacement max of 0.011 mm, and a minimum of 4.652 fos. The gear differential obtained a stress max of 174 Mpa, a displacement max of 0.038 mm, and a fos min of 3.035. While the worm gear obtained a max stress of 127 Mpa, displacement of 0.014 mm, and fos min 4.149. Based on analyze, all gears except the gear differential are said to be safe. Therefore, the gear differential had to be redesigned by increasing the number of teeth and increasing the diameter of the pitch.

Keywords: Analysis, Electric Vehicles, Design, Ratio, Transmission

1. Pendahuluan

Pemakaian bahan bakar minyak menyebabkan energi fosil kian lama menghilang, selain itu pemakaian bahan bakar minyak pada kendaraan menyebabkan timbulnya polusi udara. Polusi udara dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia [1]. Selain itu, karena pemakaian energi fosil khususnya minyak bumi yang terlalu tinggi dan pemerintah menerapkan sistem subsidi yang mengakibatkan tingginya pemakaian dan membuat masyarakat menjadi boros [2]. Apabila hal ini dibiarkan saja tanpa ada solusi, di masa yang akan datang akan terjadi krisis energi di Indonesia.

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu mengganti kendaraan berbahan bakar fosil menjadi bahan bakar energi alternatif, salah satunya yaitu kendaraan listrik [3].

Kendaraan yang diklasifikasikan sebagai kendaraan listrik adalah kendaraan yang ditenagai seluruhnya atau sebagian oleh motor listrik yang mengambil daya dari baterai. Kendaraan listrik (EV) kemungkinan akan menjadi salah satu opsi untuk mengelola energi berkelanjutan. Kendaraan listrik (EV) adalah mobil yang sepenuhnya menggunakan listrik dan memiliki baterai yang dapat diisi ulang [4, 5] Selain itu, sebagaimana tertuang dalam PERPRES No. 22 Tahun 2017 dan PERPRES No. 55 Tahun 2019, pemerintah mendukung penuh pengembangan kendaraan listrik dengan mengedepankan kemahiran dalam teknologi dan desain industri [6, 7].

Pada penelitian ini kendaraan listrik untuk pedesaan yang dibuat yaitu berbentuk ATV Bak yang mengadopsi desain dari kendaraan ATV (*All terrain vehicle*). Kendaraan ini dirancang untuk bisa melewati jalanan pedesaan yang tidak menentu serta bisa mengangkut beban yang banyak dari hasil pertanian. ATV Bak ini juga menggunakan inovasi teknologi terbaru, yaitu dengan menggunakan motor listrik atau ditenagai oleh listrik. Selain itu, pada bagian transmisi yang akan dibuat, transmisi bukan hanya dijadikan sebagai penggerak saat ATV Bak berjalan, transmisi bisa digunakan juga untuk memutar media tambahan seperti memutar pompa air dari ATV Bak Listrik.

Kendaraan membutuhkan performa untuk berjalan, melewati tanjakan atau membawa beban yang berat. Gaya dorong atau gaya traksi adalah gaya yang bekerja pada roda yang bergerak untuk mengatasi hambatan. Torsi pada mesin, rasio transmisi, dan ukuran roda yang digunakan semuanya berdampak pada gaya traksi yang terjadi pada mobil. Dari beberapa faktor tersebut rasio transmisi menjadi salah satu bagian yang terpenting dalam performa kendaraan [8, 9].

Transmisi adalah perangkat yang digunakan pada kendaraan untuk mentransfer daya dari poros motor penggerak ke poros roda. Sistem transmisi juga bertindak untuk mengubah daya rotasi dan kecepatan. Mekanisme tersebut berfungsi untuk mentransfer tenaga mesin ke diferensial [10]. Pada perancangan ATV Bak listrik juga diperlukan sebuah transmisi. Transmisi yang dibuat harus sanggup untuk menggerakkan ATV Bak baik saat mengangkut beban banyak, saat melewati jalanan tidak rata dan memutar media tambahan pada ATV Bak. Berbagai penelitian tentang analisis transmisi kendaraan sudah dilakukan, seperti Hadi Sutanto [11] melakukan penelitian tentang Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan AGMA dan ANSYS, dalam penelitian tersebut penulis melakukan penelitian dengan metode analitik dan numerik untuk menghitung tegangan lentur dan tegangan kontak menggunakan metode elemen hingga ANSYS 14.5, didapatkan hasil tegangan lentur dan tegangan kontak yang terjadi pada transmisi dengan menggunakan material kromium JIS SCr-420 yaitu sebesar 1300 MPa.

Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui apakah rancangan transmisi yang dibuat sudah layak atau tidak. Untuk mengetahui kekuatan dari transmisi yang dirancang, akan dilakukan analisis statis pada *gear* transmisi. Analisis statis penting untuk mengetahui tegangan, perpindahan dan faktor keamanan dari transmisi yang akan dibuat. Sebelum masuk ke tahap pembuatan, akan dilakukan tahap perancangan dan analisis melalui *software*, untuk mengoptimalkan kualitas dan kinerja transmisi dan menghemat biaya produksi ke bentuk jadinya [12, 13].

2. Material dan metodologi perancangan

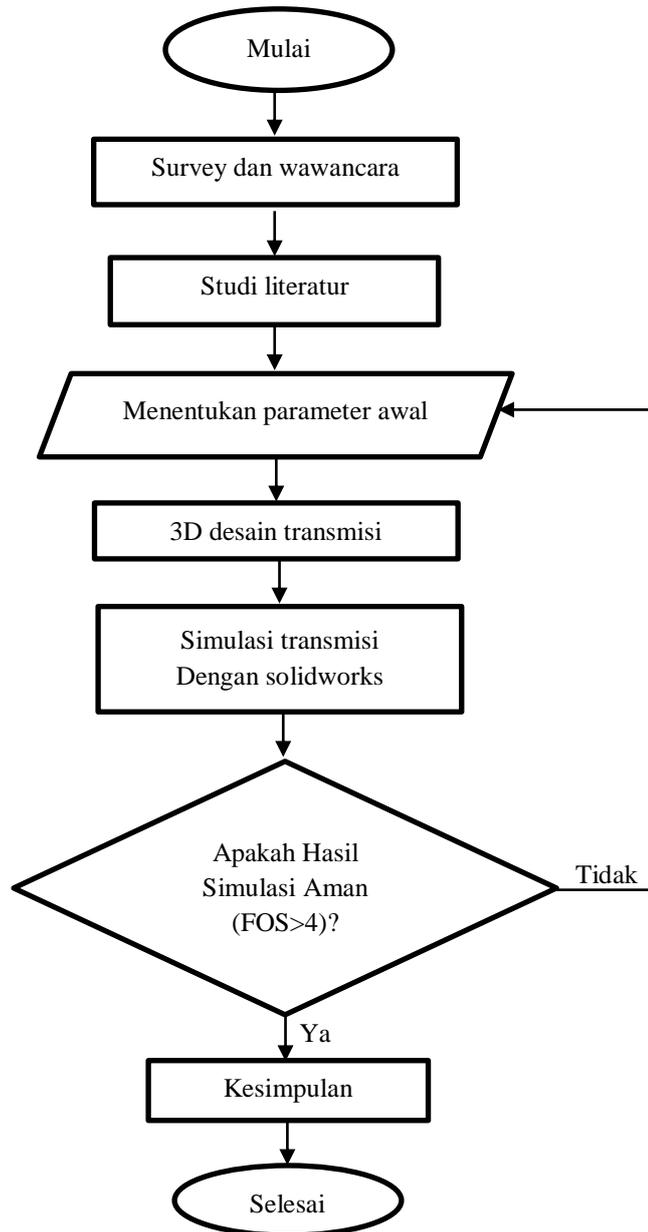
Metode penelitian yang dipakai adalah metode elemen hingga. Metode elemen hingga melalui beberapa tahap, yaitu tahap observasi, tahap studi literatur, tahap perancangan dan tahap simulasi dengan *software* elemen hingga.

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Ciheras, Kec. Cipatujah, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat. Dengan waktu penelitian dari bulan Oktober 2022 sampai bulan Desember 2022.

2.2. Diagram Alir

Transmisi yang akan dibuat yaitu transmisi dengan tipe *gear* majemuk, terdapat *differential* pada poros rodanya dan juga terdapat *gear* cacing untuk memindahkan daya ke fitur media tambahan. Transmisi akan dianalisis menggunakan material S45C atau AISI 1045. Adapun diagram alir perancangan transmisi dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir

2.3. Parameter Awal

Penentuan parameter awal perancangan transmisi yaitu penentuan rasio *gear* dimulai dengan menentukan kebutuhan torsi dan rpm pada ban. Dari sheet perancangan yang penulis punya, besar torsi pada motor yaitu 20Nm dan putaran pada motor yaitu 8500 rpm. Untuk memenuhi kebutuhan dalam hal mengangkut semua beban kendaraan, rasio *gear* yang dibutuhkan yaitu 5 kali dari rasio awal. Maka perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Torsi pada ban} = \text{Torsi pada motor} \times 5$$

$$\text{Torsi pada ban} = 20 \text{ Nm} \times 5$$

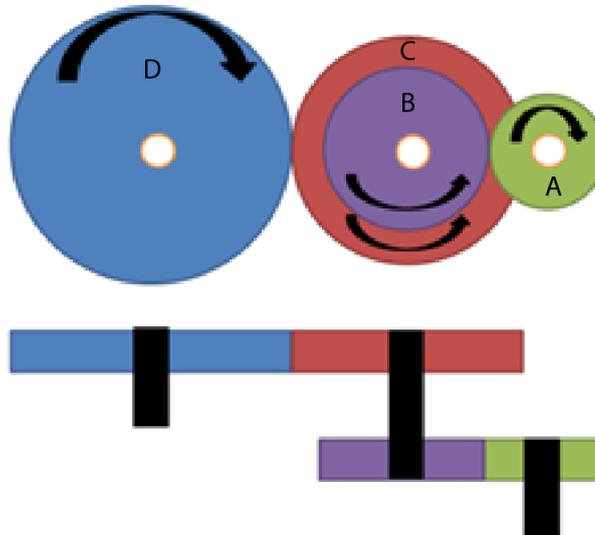
Torsi pada ban = 100 Nm

Rpm pada ban = Rpm pada motor ÷ 5

Rpm pada ban = 8500 Rpm ÷ 5

Rpm pada ban = 1700 Rpm

Maka untuk menentukan jumlah *teeth* (gigi *gear*) pada *gear* dengan rasio 1 : 5 dengan perhitungan sebagai berikut:



Gambar 1. Roda Gigi Majemuk

Penentuan jumlah *teeth* pada *gear* :

Gear A = 20 *Teeth*

Gear B = 40 *Teeth*

Gear C = 20 *Teeth*

Gear D = 50 *Teeth*

Perhitungan mencari rasio *gear* majemuk [14]:

$$GR = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C}$$

$$GR = \frac{40}{20} \times \frac{50}{20}$$

$$GR = 2 \times 2.5$$

$$GR = 5$$

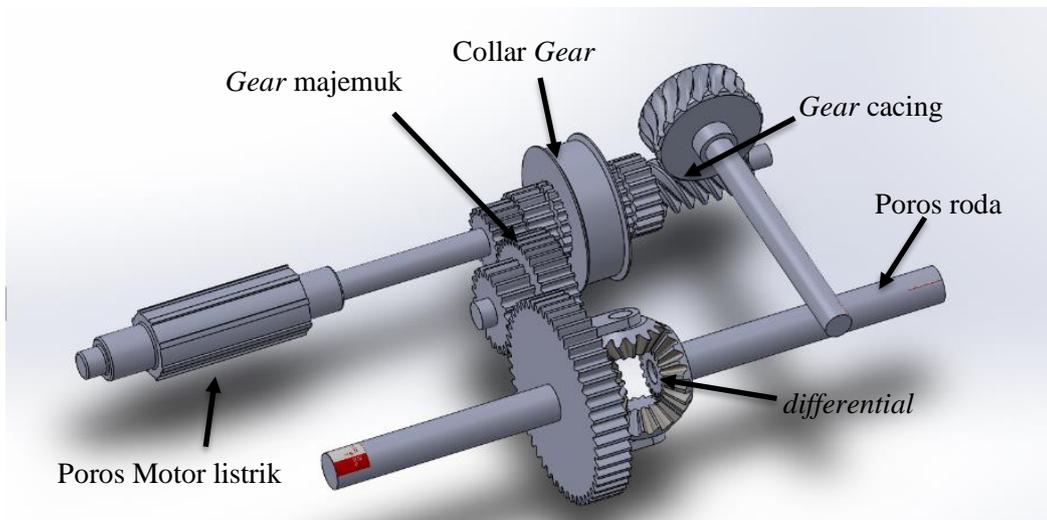
Maka dengan ini didapatkan jumlah *teeth* (gigi) untuk rasio 1:5

Tabel 1. Spesifikasi detail desain transmisi ATV bak listrik

No	Nama bagian	Jumlah gigi	Diameter <i>pitch</i> (mm)
1.	<i>Gear</i> majemuk A	20	33
2.	<i>Gear</i> majemuk B	40	66
3.	<i>Gear</i> majemuk C	20	43
4.	<i>Gear</i> majemuk D	50	107.5
5.	<i>Gear</i> Cacing 1	5	25.4
6.	<i>Gear</i> Cacing 2	20	47.05
7.	<i>Gear Differential</i> Besar	20	50.8
8.	<i>Gear Differential</i> kecil	15	38.1

2.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dari membuat rancangan susunan *gear* transmisi ATV yang terdiri dari berupa *gear* majemuk yang berfungsi meneruskan daya dari motor ke poros roda yang juga terdapat *gear differential* pada *gear* majemuknya, kemudian ada juga *gear cacing* yang berfungsi meneruskan daya ke poros tambahan untuk media tambahan.



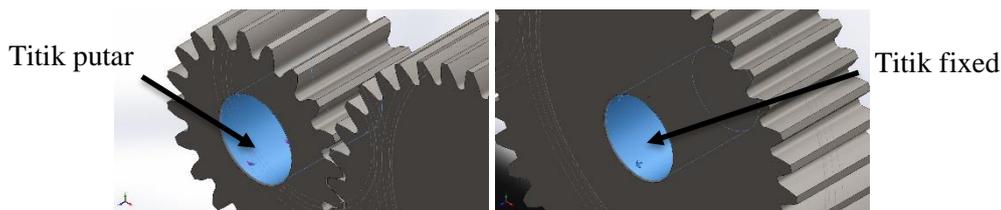
Gambar 2. Desain Transmisi ATV Bak listrik

Material yang digunakan untuk analisis pada transmisi ATV adalah Baja S45C atau AISI 1045. Material tersebut dipilih karena Baja S45C atau AISI 1045 adalah baja karbon sedang yang memiliki karakteristik kekuatan dan keuletan yang rendah. Selain itu, baja S45C atau AISI 1045 harganya relative murah dan mudah ntuk didapatkan. Baja tersebut juga sering dipakai dalam komponen permesinan salah satunya roda gigi [15].

Tabel 2. Spesifikasi material S45C atau AISI 1045

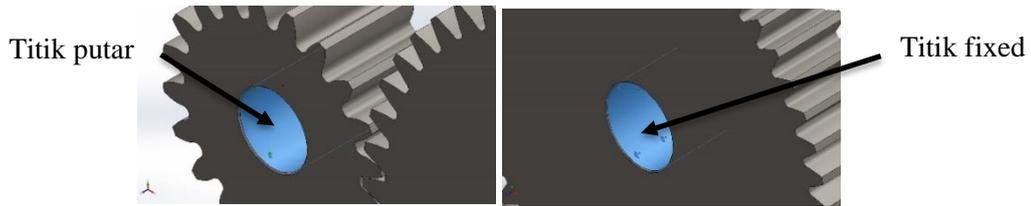
Nama Material	Elastic Modulus	Tensile Strength	Yield Strength	Mass Density
Baja S45C atau AISI 1045	205 Gpa	625 Mpa	530 Mpa	7.85 g/cm ³

Sebelum dilakukan simulasi, maka titik fixed dan titik putar harus ditentukan. Pada pengujian *gear* A dan B, titik beban putar diletakan pada *gear* A sebesar 20 Nm dan titik fixed diletakan pada *gear* B.



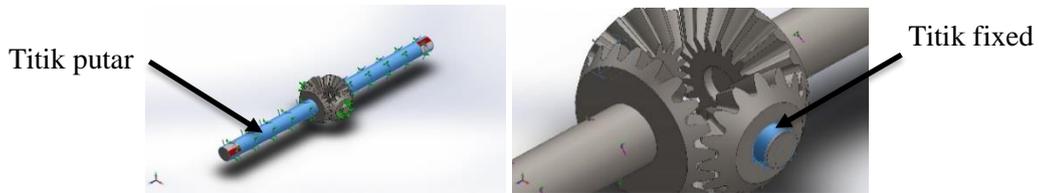
Gambar 3. Titik putar pada *gear* A dan titik fixed pada *gear* B

Pada pengujian *gear* C dan D, titik beban putar diletakan pada *gear* C sebesar 40 Nm dan titik fixed diletakan pada *gear* D.



Gambar 4. Titik putar pada *gear C* dan titik fixed pada *gear D*

Pada pengujian *gear differential*, titik beban putar diletakan pada ass roda sebesar 100 Nm dan titik fixed diletakan pada poros *gear differential* kecil.



Gambar 5. Titik putar pada *ass* roda dan titik fixed pada *gear differential*

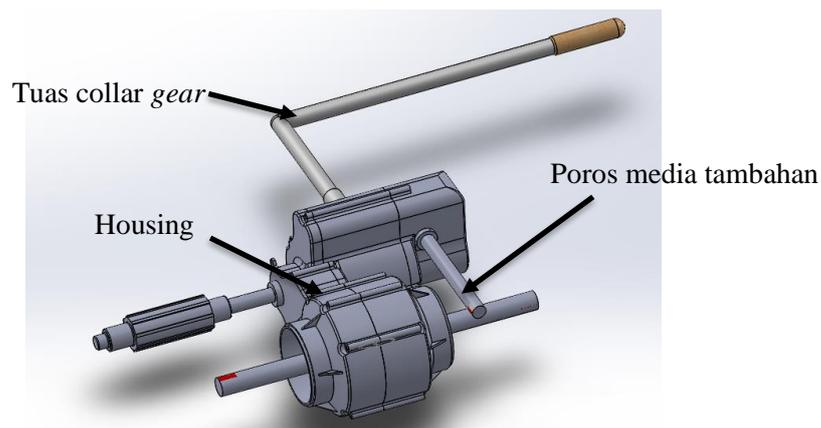
Pada pengujian *gear cacing*, titik beban putar diletakan pada poros putar dari motor sebesar 20 Nm dan titik fixed diletakan pada poros putar kearah penggerak tambahan.



Gambar 6. Titik putar pada poros putar dari motor dan titik fixed pada pada poros putar kearah penggerak tambahan

3. Hasil dan pembahasan

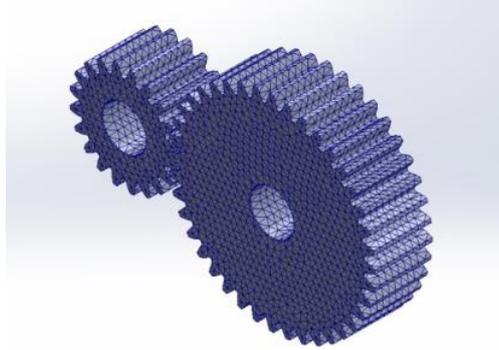
Cara kerja poros tambahan agar bisa berputar yaitu dengan memindahkan *collar gear* ke posisi sebelah kanan. Sedangkan untuk kembali memutar poros roda, *collar gear* dipindahkan ke posisi kiri. Mekanisme pemindahan *collar gear* yaitu dengan menggunakan tuas. Hasil perancangan transmisi ATV Bak listrik bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. *Assembly* Transmisi dengan *Housing*

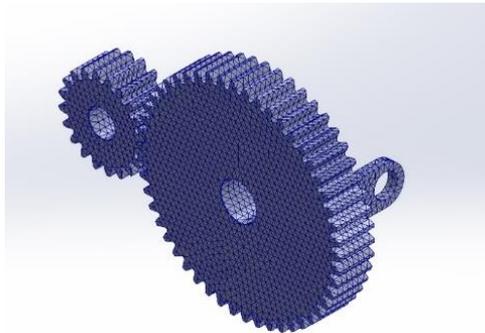
Simulasi yang akan diuji yaitu *stress* (tegangan), *displacement* (perpindahan) dan *factor of safety*. Spesifikasi detail desain transmisi ATV bak listrik dapat dilihat pada tabel 1. Spesifikasi material S45C atau AISI 1045 dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada simulasi *gear A* dan *gear B* jumlah elemen hingga yang terbentuk untuk simulasi yaitu sebanyak 59952 elemen dengan besar elemen yaitu 2,1 mm. Didapatkan hasil gambar elemen sebagai berikut.



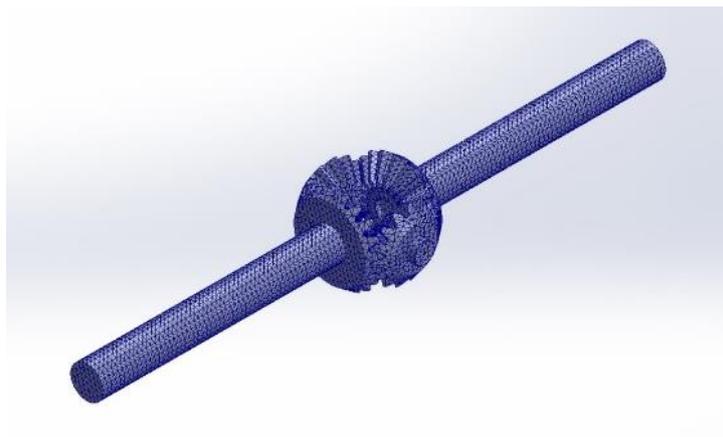
Gambar 8. *Meshing/FEM* pada simulasi *gear A* dan *B*

Pada simulasi *gear C* dan *gear D* jumlah elemen hingga yang terbentuk untuk simulasi yaitu sebanyak 61353 elemen dengan besar elemen yaitu 2,9 mm. Didapatkan hasil gambar elemen sebagai berikut.



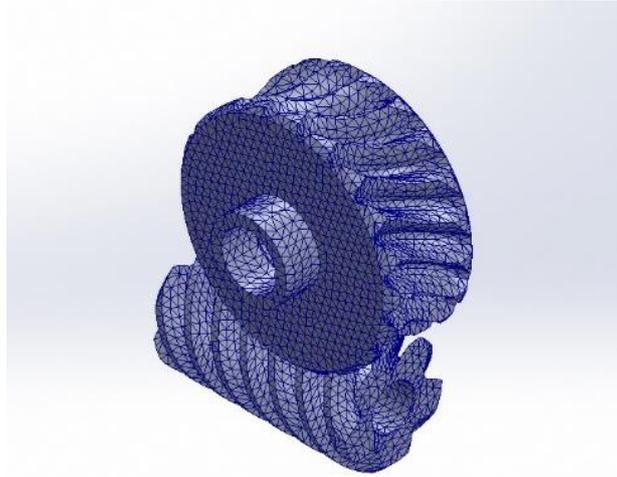
Gambar 9. *Meshing/FEM* pada simulasi *Gear C* dan *D*

Pada simulasi *gear differential* jumlah elemen hingga yang terbentuk untuk simulasi yaitu sebanyak 61269 elemen dengan besar elemen yaitu 2,7 mm. Didapatkan hasil gambar elemen sebagai berikut.



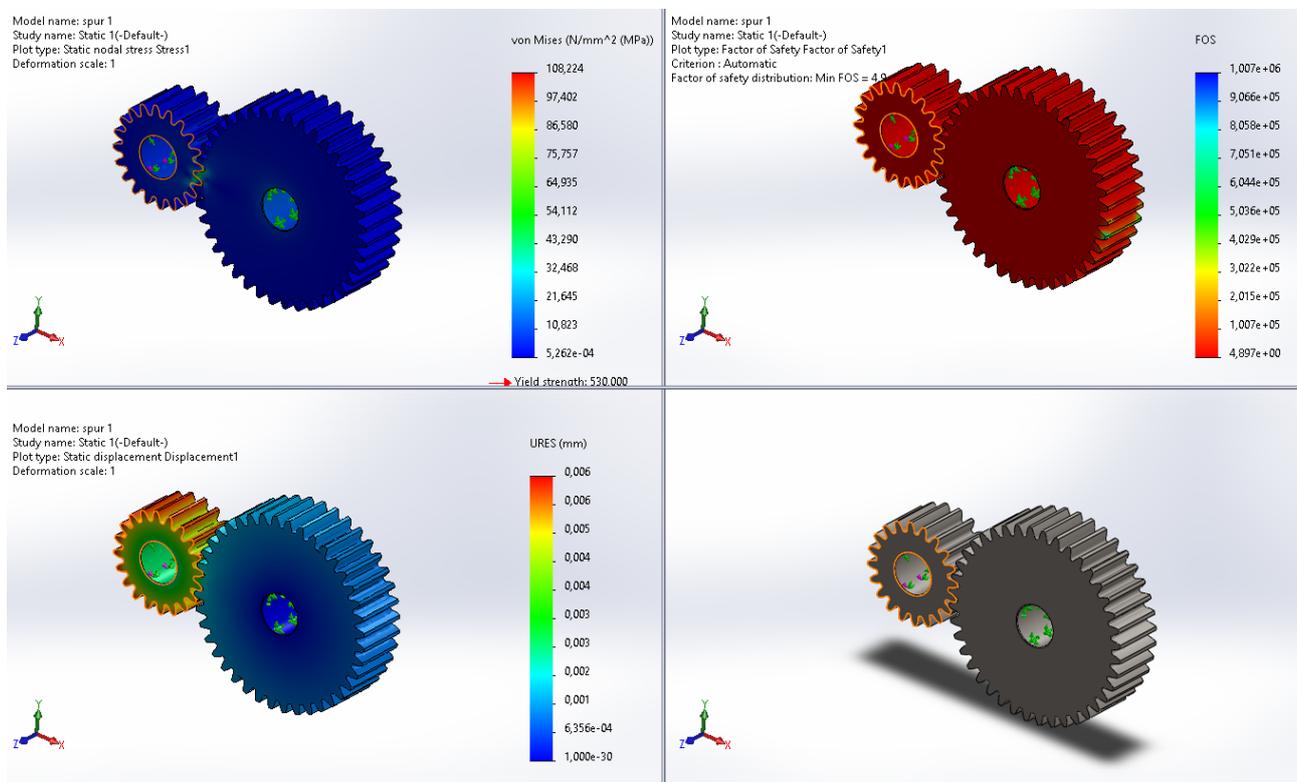
Gambar 10. *Meshing/FEM* pada simulasi *Gear differential*

Pada simulasi *gear* cacing jumlah elemen hingga yang terbentuk untuk simulasi yaitu sebanyak 75264 elemen dengan besar elemen yaitu 2,1 mm. Didapatkan hasil gambar elemen sebagai berikut.



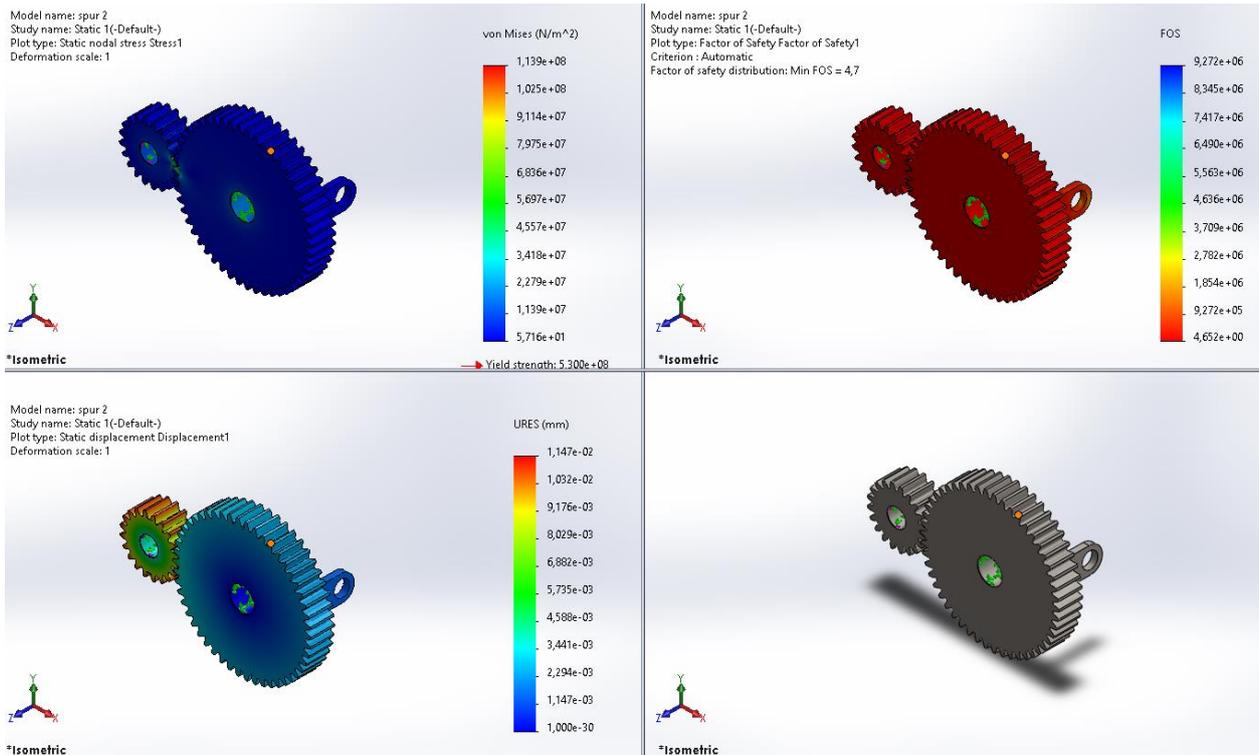
Gambar 11. Meshing/ FEM pada simulasi *Gear* cacing

Setelah dilakukan meshing atau pembagian elemen hingga, selanjutnya adalah tahap untuk *run* simulasi pada solidworks. Hasil dari simulasi yaitu berupa nilai dari *stress* (tegangan), *displacement* (perpindahan) dan *factor of safety* yang menentukan apakah desain dari *gear* sudah aman atau tidak.



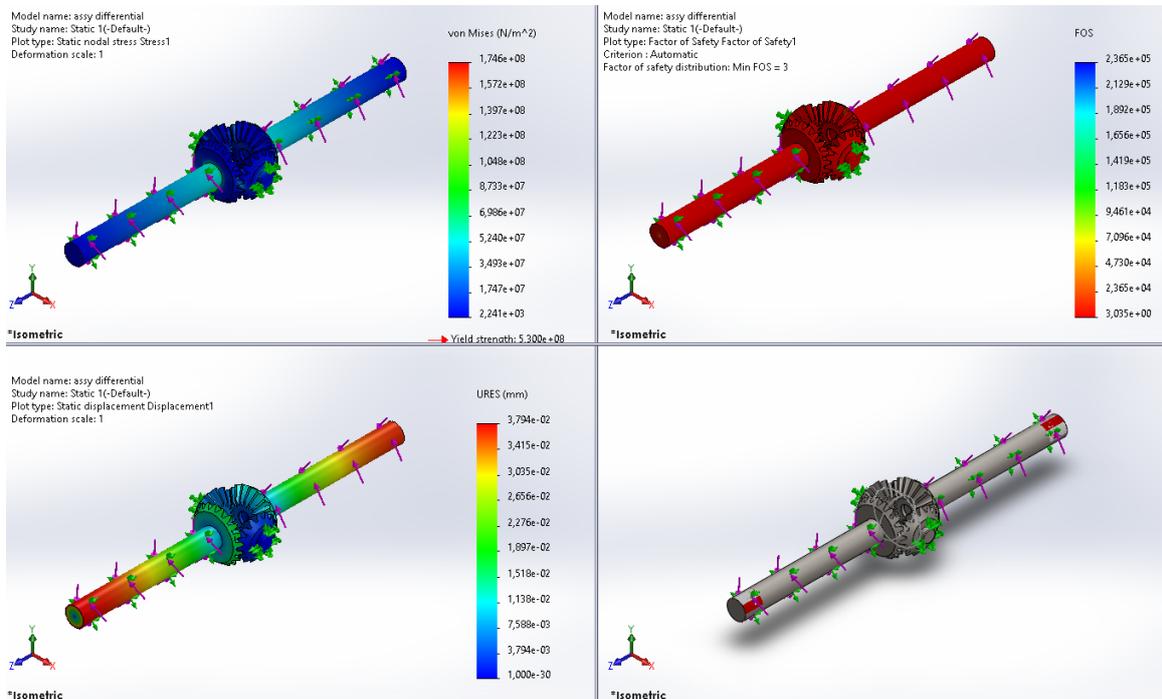
Gambar 12. Hasil simulasi *Gear* A dan *Gear* B

Hasil simulasi pertama adalah simulasi antara *gear* A dan *gear* B pada gambar 5, putaran torsi dari motor yaitu 20 N.m yang diletakan di poros *gear* A. Didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 108,2 Mpa, *displacement* maksimum sebesar 0,006 mm dan *factor of safety* minimum sebesar 4,897. Dari hasil simulasi *gear* A dan *gear* B dapat dikatakan aman karena fos masih diatas 4.



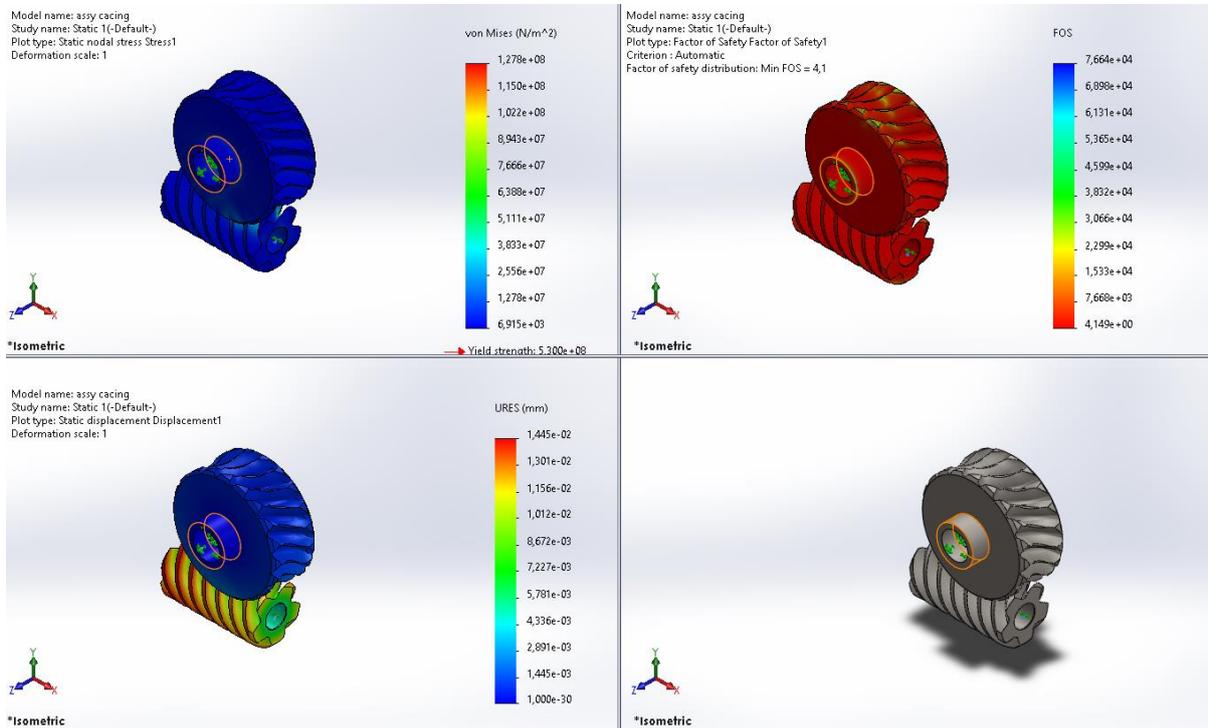
Gambar 13. Hasil simulasi Gear C dan Gear D

Hasil simulasi kedua adalah simulasi antara gear C dan gear D pada gambar 6, putaran torsi yang sudah disalurkan oleh gear A ke gear B adalah 40 Nm. Maka torsi yang diberikan ada pada poros gear C dengan besar 40 Nm. Didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 113,9 Mpa, displacement maksimum sebesar 0,011 mm dan factor of safety minimum sebesar 4,652. Dari hasil simulasi gear C dan gear D dapat dikatakan aman karena fos masih diatas 4.



Gambar 14. Hasil simulasi gear differential

Hasil simulasi ketiga adalah simulasi *gear differential* pada gambar 7, putaran torsi yang diberikan pada *gear differential* sebesar 100 Nm. Didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 174 Mpa, *displacement* maksimum sebesar 0,038 mm dan *factor of safety* minimum sebesar 3,035. Dari hasil simulasi *gear differential* dapat dikatakan tidak aman karena fos masih dibawah 4.



Gambar 15. Hasil Simulasi *gear cacing* untuk fitur media tambahan

Hasil simulasi terakhir adalah simulasi *gear cacing* pada gambar 7, putaran torsi yang diberikan pada *gear cacing* sama dengan torsi yang diberikan ke *gear A* karena satu poros sebesar 20 Nm. Didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 127 Mpa, *displacement* maksimum sebesar 0,014 mm dan *factor of safety* minimum sebesar 4,149. Dari hasil simulasi *gear differential* dapat dikatakan aman karena fos masih diatas 4.

Tabel 3. Hasil analisis transmisi dengan solidworks

No.	Analisis dengan solidworks	Hasil analisis			
		<i>Gear A dan B</i>	<i>Gear C dan D</i>	<i>Gear Differential</i>	<i>Gear Cacing</i>
1.	<i>Stress (max)</i>	108,2 Mpa	113.9 Mpa	174 Mpa	127 Mpa
2.	<i>Displacement (max)</i>	0,006 mm	0.011 mm	0.038 mm	0.014 mm
3.	<i>Factor of safety (min)</i>	4,897	4,652	3,035	4,149

4. Kesimpulan

Hasil perancangan transmisi ATV Bak listrik menggunakan solidwork berupa rangkaian dari *gear* majemuk, *gear differential*, *collar gear* dan *gear cacing* dalam bentuk 3D. Transmisi ATV bak listrik di analisis menggunakan *software* metode elemen hingga yaitu solidworks premium 2020 sebelum nantinya akan difabrikasi menjadi bentuk aslinya. *Gear* dalam transmisi ATV Bak listrik bergerak dalam keadaan dinamis atau berputar, oleh karena itu *gear* yang akan dibuat

harus layak dan aman yang dibuktikan dengan angka *factor of safety* yaitu lebih dari 4. Dari hasil simulasi pada solidworks, didapatkan hasil *stress* tertinggi ada pada analisis *gear differential* sebesar 174 Mpa, hasil *displacement* tertinggi ada pada *gear differential* juga sebesar 0,038 mm, dan hasil *factor of safety* paling rendah ada juga pada *gear differential* sebesar 3,035. Dari data tersebut dapat dinyatakan bahwa desain dari *gear differential* adalah tidak aman. Sedangkan hasil simulasi *gear A* dan *B*, *gear C* dan *D*, dan *gear cacing* mendapatkan hasil nilai *factor of safety* lebih dari 4, maka *gear* tersebut dapat dikatakan aman. Solusi untuk *gear differential* karena tidak aman yaitu adalah merubah desain dengan menambah jumlah *teeth* (gigi) dan membesarkan diameter *pitch*-nya.

Daftar Pustaka

- [1] M. Adriana, A. A. B.P Dan Masrianor, "Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang," Jurnal Elemen, Vol. 4, No. 2, Pp. 129-133, 2017.
- [2] A. F. Sa'adaha, A. Fauzib Dan B. Juandab, "Peramalan Penyediaan Dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia Dengan Model Sistem Dinamik," Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia, Vol. 17, No. 2, Pp. 118-137, 2016.
- [3] D. Ridwan Arief Subekti, Peluang Dan Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Nasional, Jakarta: LIPI Press, Anggota Ikapi, 2014.
- [4] A. Rent, "Mengenal Mobil Listrik Yang Kian Beragam Dan Makin Diminati," PT Adi Sarana Armada Tbk., 29 April 2021. [Online]. Available: <https://www.assarent.co.id/berita-promo/mengenal-mobil-listrik-yang-kian-beragam-dan-makin-diminati-1>. [Diakses 19 Juli 2023].
- [5] R. Budijanto Dan . Lamade, Inilah Dahlan, Itulah Dahlan, Jakarta: Noura Books, 2012.
- [6] J. W. Presiden Republik Indonesia, "Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional," Lembaga Negara Republik Indonesia, Jakarta, 2017.
- [7] J. W. Presiden Republik Indonesia, "Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan," Lembaga Negara Republik Indonesia, Jakarta, 2019.
- [8] S. K. AAIA, S. IGAK Dan A. A. I. Ketut, Geometric Progression Application In Design Transmission Gear Ratio, Denpasar: International Conference On Sustainable Technology Development, 2014.
- [9] I. G. A. K. Suriadi, I. K. A. Atmika Dan I. M. D. B. Penindra, "Perbaikan Performa Traksi Dengan Modifikasi Rasio Gigi Transmisi," Jurnal Energi Dan Manufaktur, Vol. 7, No. 2, Pp. 193-198, 2014.
- [10] Suzuki, "Sistem Transmisi: Jenis, Komponen Dan Cara Kerjanya," Suzuki Indonesia, 15 September 2021. [Online]. Available: <https://www.suzuki.co.id/tips-trik/sistem-transmisi-jenis-komponen-dan-cara-kerjanya?Pages=All#:~:Text=Ada%20beberapa%20macam%20fungsi%20dari,Segi%20beban%20dan%20kondisi%20jalan..> [Diakses 19 Juli 2023].
- [11] H. Sutanto, "Analisis Tegangan Roda Gigi Miring Pada Transmisi Kendaraan Roda Empat Berdasarkan AGMA Dan ANSYS," Media Teknika Jurnal Teknologi, Vol. 12, No. 1, Pp. 17-25, 2017.
- [12] S. Indonesia, "Best Practise Analisa Injeksi Dengan SOLIDWORKS Plastics," Arismadata.Com, 21 Februari 2023. [Online]. Available: <https://arismadata.com/solidworks/blog/2023/02/best-practise-analisa-injeksi-dengan-solidworks-plastics/>. [Diakses 19 Juli 2023].

- [13] R. Ismail, Munadi, Z. K. Ahmad Dan A. P. Bayuseno, "Analisis Displacement Dan Tegangan Von Mises Terhadap Chassis Mobil Listrik Gentayu," ROTASI, Vol. 20, No. 4, Pp. 231-236, 2018.
- [14] D. Hendriono, "Roda Gigi : Rasio, Torsi Dan Kecepatan," Henduino Library, 7 Oktober 2020. [Online]. Available: <https://Henduino.Github.Io/Library/Engine/Hitung-Roda-Gigi/>. [Diakses 19 Juli 2023].
- [15] M. R. A. Rachman, "Analisa Perbedaan Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Baja S45c Dengan Perlakuan Quenching Dan Tempering Pada Media Udara, Air, Dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga," Jurnal Teknik Mesin, Vol. 08, No. 2, Pp. 89-94, 2020.