

Analisis sistem suspensi roda belakang pada kendaraan roda tiga e-niaga geni biru

Kangsa Efit S*, Hadi Pranoto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history

Received July 14, 2022

Revised December 25, 2022

Accepted December 27, 2022

Keywords

Leaf spring suspension;

Yield strength;

CAD;

Electric vehicle

ABSTRACT

Leaf spring suspension is used in vehicles with a large payload capacity. This leaf spring provides a reflection value due to the received load, which will experience the toughest conditions in repeated compressive loads, so that it has the potential to fail due to exceeding the fatigue limit of the material. Often holding a large load then the spring is broken in the leaf. This study aims to find out how to model and strength of the leaf spring suspension of the E-Commerce Geni Biru vehicle using the CAD Autodesk Inventor 2022 software and through theoretical calculations with the state of the stationary vehicle. The first step begins with the calculation of the vehicle load. The load analyzed is in the form of vehicle weight, driver and load. From the results of the analysis, the Autodesk Inventor 2022 CAD software can show the maximum leaf spring tension at speeds of 20 km/hour, 30 km/hour and 40 km/hour. So between the results of the simulation of Autodesk Inventor 2022 CAD Software and theoretical calculations with static vehicle conditions will be compared to determine the stress that occurs in the leaf springs..

This is an open-access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



*Corresponding Author

Kangsa Efit S,

Jurusan Teknik Mesin,

Fakultas Teknik,

Universitas Mercu Buana,

Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

Email: 41318310034@student.mercubuana.ac.id, kangsaefit79@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif di Indonesia telah mendorong inovasi-inovasi baru di bidang otomotif. Dengan ini penelitian-penelitian mengenai teknologi baru yang lebih ramah lingkungan dan efisien sangat gencar dilakukan, salah satu kemajuan dalam bidang otomotif antara lain adalah diciptakannya mobil listrik yang memiliki keunggulan efisiensi dibandingkan dengan mobil dengan bahan bakar non-renewable [1]. Kendaraan listrik adalah kendaraan yang digerakkan oleh mesin listrik menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai. Kendaraan listrik juga adalah kendaraan bebas emisi yang merupakan pilihan untuk

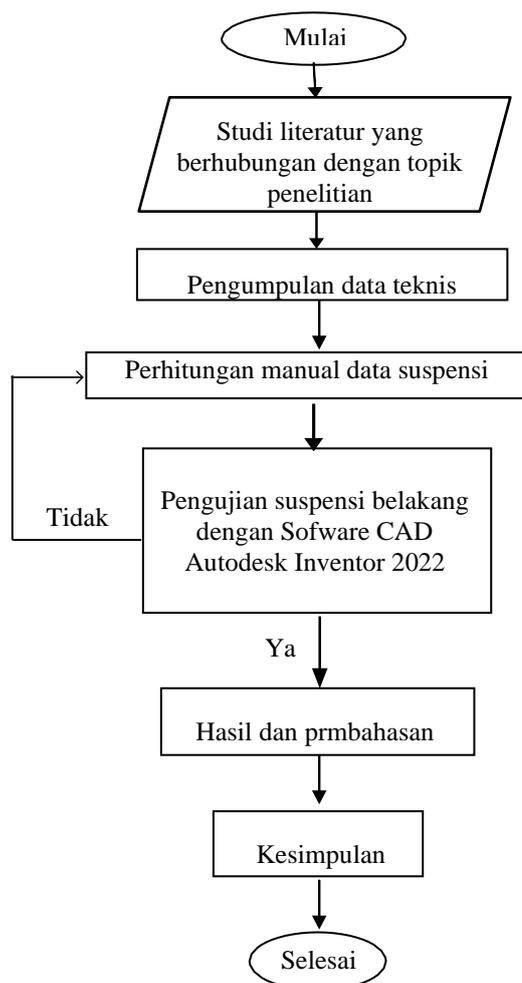
mengurangi jumlah pencemaran udara sehingga kendaraan ini tidak berbahaya bagi ekosistem dan Anda bisa mengatakan "zero emission". Ini dapat mengurangi CO² dan level udara sebagai zat sintesis yang menyebabkan global warming [2]. Selain memanfaatkan energi yang tidak berbahaya bagi ekosistem, kendaraan listrik juga harus memperhatikan faktor kenyamanan saat berkendara, maka untuk mendapatkan kenyamanan dalam berkendara dibutuhkan sistem suspensi [3].

Suspensi merupakan salah satu bagian penting dari mobil. Suspensi memiliki fungsi sebagai penghubung antara body dengan roda suatu kendaraan serta memastikan roda tetap melakukan kontak dengan jalan [4]. Selain itu, posisi suspensi juga memiliki keadaan tertentu yang tidak boleh disalah gunakan sehingga kenyamanan berkendara dan keberadaan suspensi menjadi lebih baik, pegas adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam mengemudi [5]. Dengan cara ini, bahan pegas seharusnya memiliki kekuatan elastik tinggi dan diimbangi dengan daya tahan yang tinggi pula. Hal ini disebabkan kondisi pembebanan yang diterima oleh pegas itu. Mungkin jenis pegas yang paling dikenal yang digunakan dalam kendaraan mesin roda empat dan roda tiga adalah pegas daun [6].

Kenyamanan berkendara telah berubah menjadi tuntutan bagi pengemudi dan penumpang, kondisi ideal untuk mendapatkan ketenangan berkendara meskipun ada gangguan yang ditimbulkan oleh ketidak rataan jalan, tetapi kondisi ini tidaklah mungkin dicapai [7], sehingga pendekatan yang ditempuh adalah meminimumkan efek gangguan yang berupa ketidak rataan jalan dengan memasang sistem suspensi shock absorber dan pegas daun diantara roda dan kendaraan [8]. Oleh karena itu semua kendaraan akan menggunakan suspensi untuk meredam suatu getaran atau kejutan pada kendaraan tersebut, pada umumnya, suspensi terbuat dari dua bagian, yaitu pegas dan absorber [9]. Pegas sendiri dibagi menjadi tiga yaitu : leaf spring, coil spring, dan torsion bar spring, sedangkan absorber hanya itu sendiri. Dalam makalah ini membahas tentang sistem suspensi shock absorber dan pegas daun [10].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 1 diagram alir penelitian menjelaskan proses penelitian untuk menganalisis kekuatan pegas daun pada kendaraan listrik E-Niaga Tiga Roda.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

Gambar 1 diagram alir penelitian diatas menjelaskan bahwa penulis memulai penelitian dengan menentukan topik penelitian tentang Analisis System Suspensi Roda Belakang Pada Kendaraan Roda Tiga E-Niaga Geni Biru. Untuk menunjang teori dan bahan penelitian, penulis melakukan:

1. Studi Literatur

Mengumpulkan data dan informasi yang nantinya akan berguna sebagai fakta pendukung dalam memaparkan penelitian yang berkaitan dengan perhitungan sistem suspensi, baik dari buku maupun jurnal kemudian merumuskan masalah dan menentukan metode yang digunakan untuk keperluan penelitian Tugas Akhir.

2. Pengumpulan data teknis

Pada tahap ini yang penulis melakukan pencarian data terkait spesifikasi terperinci suspensi yang akan dipakai, berat kendaraan, dan spesifikasi jenis sensor ultrasonik yang akan digunakan.

3. Perhitungan manual data suspensi

Perhitungan ini di cari dengan melihat spesifikasi data suspensi belakang.

4. Pengujian suspensi belakang dengan Software CAD Autodesk Inventor 2022

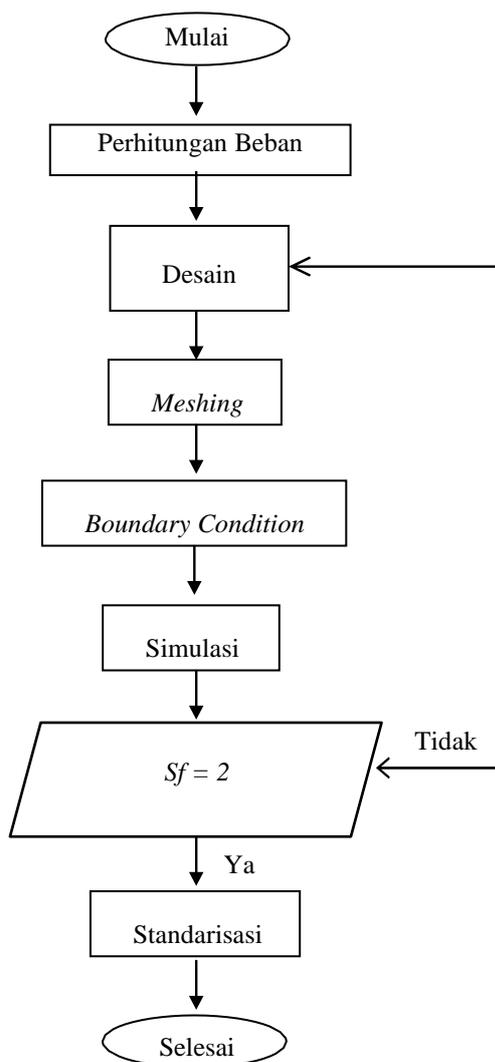
Pengujian suspensi belakang dilakukan dengan menggunakan Software CAD Autodesk Inventor 2022 dengan cara mengangkut beban tertentu.

5. Hasil dan pembahasan

Pada tahap ini penulis mengetahui hasil pengujian defleksi suspensi belakang pada kendaraan listrik roda tiga E-Niaga Geni Biru.

6. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan validasi data, penulis menarik kesimpulan dari hasil yang diperoleh dan memberikan saran apakah suspensi yang digunakan pada kendaraan listrik roda tiga E-Niaga Geni Biru tersebut laik untuk digunakan.



Gambar 2: Diagram Alir Simulasi

Seperti dijelaskan pada Gambar 2 dalam tugas akhir ini didahului dengan melakukan observasi lapangan sekaligus mencari studi literatur pada berbagai sumber dan pengumpulan data terkait dengan produk sejenis, dilanjutkan mengidentifikasi desain *Pegas daun* pada produk sejenis. Selanjutnya melakukan pengembangan desain *Pegas daun* terkait dengan bentuk dan jenis dari *Pegas daun* yang sesuai dengan produk yang akan dikembangkan. Langkah selanjutnya adalah proses simulasi yang dijelaskan pada diagram alir simulasi.

Simulasi diawali dengan perhitungan beban, kemudian pembuatan desain *Pegas daun* dengan ketebalan yang ditentukan adalah 2.0 dan 2.5. dan dilanjutkan dengan proses *meshing*. Proses *meshing* merupakan proses pemecahan model 3d menjadi elemen hingga. Setelah proses *meshing* selesai maka dilanjutkan dengan penentuan titik *boundary condition* pada model *Pegas daun*. Proses simulasi diakhiri dengan diperolehnya data hasil simulasi dan mengevaluasi perbandingan hasil [11].

Berdasarkan tujuan tugas akhir ini, diharapkan penelitian ini mampu mengevaluasi performa dan efektifitas dari *Pegas daun*. Ada 3 pembebanan pada tugas akhir ini :

1. Beban Vertikal
2. Beban akibat akselerasi
3. Beban akibat pengereman

Dengan 3 pembebanan yang diberikan diharapkan mampu mendapatkan sebuah hasil dari kekuatan *Pegas daun* itu sendiri.

2.1. Alat

Alat yang digunakan pada Analysis Sistem Suspensi Belakang Kendaraan Listrik E-Niaga Geni Biru 3 Roda adalah sebagai berikut :

1. Software CAD Autodesk Inventor 2022.



Gambar 3: Tampilan awal Software Autodesk Inventor

software ini digunakan untuk melakukan proses desain 3d model serta mencari kordinat Center of Gravity yang dibutuhkan untuk melakukan pembebanan pada desain Pegas daun. Software Autodesk Inventor menggunakan versi Autodesk Inventor 2022 [12].

2. Perangkat Keras

Tabel 1: Spesifikasi Laptop yang digunakan

| <i>Specification</i> | <i>Picture</i> |
|--|----------------|
| Laptop Lenovo Legion 5 Pro <i>Dimension</i> : 16,1” <i>Processor</i> : AMD Ryzen 7 5800H <i>Graphics</i> : NVIDIA® GeForce RTX™ 3060 RAM : 16 GB | |

2.2. Bahan

1. Peredam kejut (*shock absorber*)

- Panjang peredam kejut : 280 mm
- Diameter batang peredam kejut : 11,60 mm
- Diameter tabung peredam kejut : 35 mm



Gambar 4: shock absorber

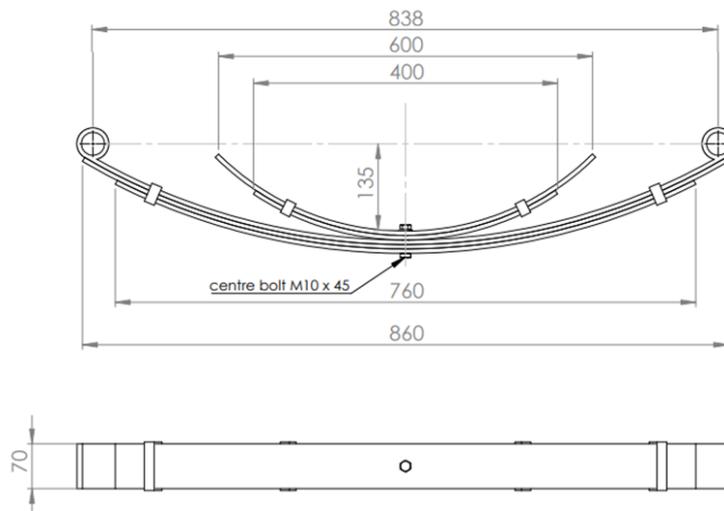
2. Pegas Daun

Tabel 2: Spesifikasi Pegas Daun

| No | Bagian yang Diukur | Hasil Pengukuran |
|----|--------------------------|------------------|
| 1 | Panjang Pegas Daun ke 1 | 860 mm |
| | Panjang Pegas Daun ke 2 | 860 mm |
| | Panjang Pegas Daun ke 3 | 720 mm |
| | Panjang Pegas Daun ke 4 | 600 mm |
| | Panjang Pegas Daun ke 5 | 400 mm |
| 2 | Lebar Pegas Daun (Semua) | 70 mm |
| 3 | Tebal Pegas Daun (Semua) | 7 mm |



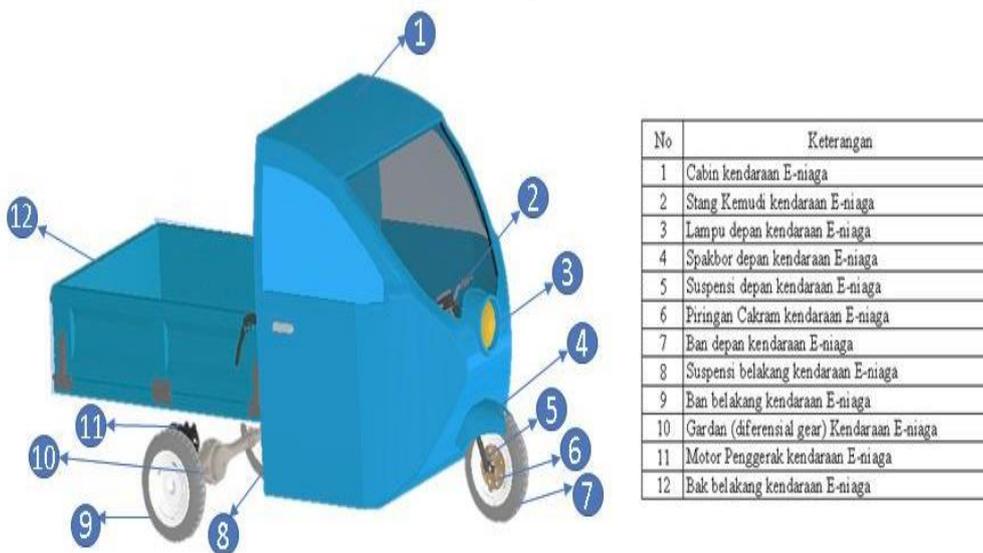
Gambar 5: Pegas Daun



Gambar 6: Gambar Teknik Pegas Daun

2.3. Spesifikasi Kendaraan

Spesifikasi kendaraan merupakan sebuah data yang berisikan beberapa informasi umum seperti ukuran kendaraan, kemampuan kendaraan dan komponen yang terdapat pada kendaraan. Berikut merupakan data Komponen pada Kendaraan Motor Listrik E-niaga roda tiga Geni biru :



Gambar 7: Spesifikasi Kendaraan Listrik E-niaga roda tiga

Dari Komponen kendaraan motor listrik E-niaga pada gambar 4 menerangkan data spesifik pada kendaraan motor listrik E-niaga roda tiga Geni biru sebagai berikut :

Tabel 3: Spesifikasi Kendaraan E-Niaga Geni Biru

| DETAIL | SPESIFIKASI |
|------------------------|-------------|
| Lebar Kendaraan | 1458,4 mm |
| Tinggi Kendaraan | 1898 mm |
| Panjang Kendaraan | 3610mm |
| Berat kosong kendaraan | 250 kg |

| DETAIL | SPESIFIKASI |
|------------------------|------------------------------------|
| Daya angkut kendaraan | 300 kg |
| Kapasitas baterai | 72 Volt 21 Ah |
| Daya Maksimum | 3 Kw |
| Tipe rem depan | Cakram |
| Tipe rem belakang | Tromol |
| Tipe suspensi depan | Teleskopik |
| Tipe suspensi belakang | Pegas daun dengan peredam hidrolis |

2.4. Material Pegas Daun

Besi Karbon Plain, Chromium vanadium ,Chromium ,Nickel,Molybdenum,Silicon adalah tipe material yang digunakan untuk mendesign pegas daun.Material yang digunakan pada penelitian ini adalah 65Si7 [13].

Tabel 4: Material Pegas daun

| Parameter | Value |
|------------------|-------------|
| Material Spring | 65Si7 |
| Young Modullus | 210.000 Mpa |
| Poisson Ratio | 0,26 |
| Tensile Strength | 1272 Mpa |
| Yield Strength | 1158 MPa |

2.5 Prosedur Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data penelitian maka dilakukan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan Daftar Spesifikasi Kendaraan.
2. Persiapkan peralatan kerja yang diperlukan untuk melakukan pengujian pengambilan data tentang besarnya defleksi pada kendaraan E-Niaga Geni Biru.
3. Pemeriksaan dan Pengukuran suspensi
4. Melakukan pengamatan dan pengukuran langsung pada pegas daun yang sedang diteliti.
5. Lakukan pengumpulan data pegas daun dan spesifikasi kendaraan serta kelengkapan data pendukung untuk pengujian besarnya defleksi pada kendaraan E-Niaga Geni Biru.
6. Melakukan analisa besarnya defleksi pada kendaraan E-Niaga Geni Biru dengan *Software CAD* yang digunakan adalah *Autodesk Inventor 2022*.
7. Menganalisis dan membahas data penelitian, serta membuat kesimpulan.

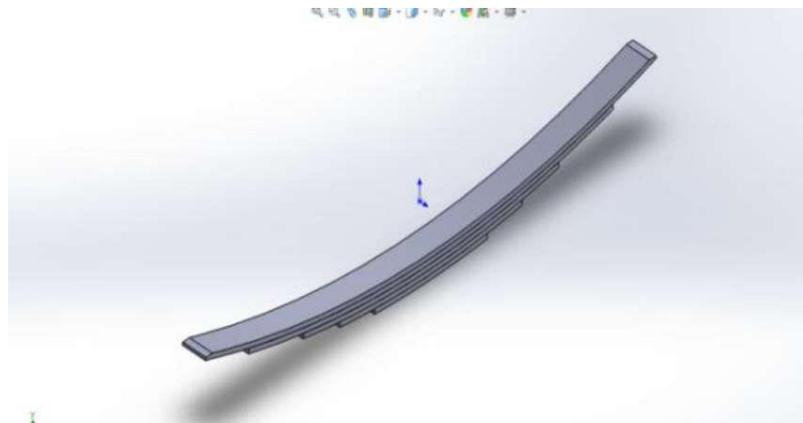
2.6 Pemodelan Fix dan Roller pada Pegas

Pada CAD Simulation terdapat fasilitas fix dan roller ,jenis tumpuan fix dan roller ini diaplikasikan pada dudukan suspensi pegas daun nomor 1 ,karena pada dudukan ini tidak benarbenar fix dan terdapat shackle yang dapat bergerak serta pengaruh dari karet [14].



Gambar 8: *Shackle*

Pemodelan geometri Pegas



Gambar 9: Pemodelan Geometri

3. DATA DAN ANALISIS

Parameter yang digunakan untuk perhitungan sistem suspensi belakang secara manual adalah dengan data yang telah disajikan pada bab sebelumnya. Berikut adalah tabel parameter untuk perhitungan sistem suspensi belakang.

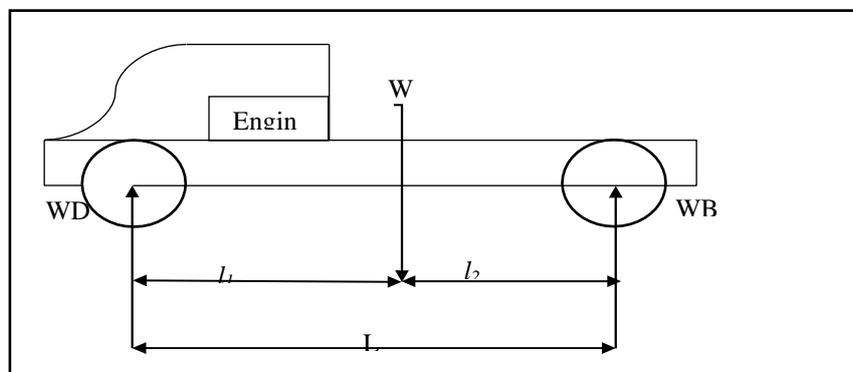
Tabel 5: Parameter data analisis

| DETAIL | SPESIFIKASI |
|------------------------|-------------|
| Berat kosong kendaraan | 250 kg |
| Beban kendaraan | 90 kg |
| Berat pengemudi | 80 kg |
| Panjang Per Daun ke 1 | 860 |
| Panjang Per Daun ke 2 | 860 |
| Panjang Per Daun ke 3 | 720 |
| Panjang Per Daun ke 4 | 600 |
| Panjang Per Daun ke 5 | 400 |
| Lebar Per Daun (Semua) | 70 mm |
| Tebal Per Daun (Semua) | 7 mm |

Tahapan dalam perhitungan suspensi belakang secara manual ini adalah untuk mengetahui beban statis kendaraan, kekuatan pegas daun pada keadaan statis, dan perhitungan momen lentur pegas daun dan tegangan lentur [15].

3.1. Perhitungan Suspensi Belakang

1) Perhitungan Beban Statis Kendaraan



Gambar 10: Jarak sumbu roda

Beban statis pada Kendaraan E-Niaga Geni Biru Roda Tiga rumus di bawah ini dapat digunakan untuk mencari bagian belakang :

Momen di $W_B = 0$

$$W_B \cdot L - W \cdot l_1 = 0$$

$$W_B \cdot L = W \cdot l_1$$

$$W_B = \frac{W \cdot l_1}{L}$$

Berdasarkan spesifikasi Kendaraan E-Niaga Geni Biru Roda Tiga, Berat total kendaraan (W) diketahui 420 kg, jarak sumbu roda (L) 2400 mm, jarak dari titik berat ke poros roda depan (l_1) sebesar 60 %, jarak dari titik berat ke poros roda belakang (l_2) sebesar 40 %, dan berat total kendaraan sebesar kg. sehingga hasilnya :

$$(l_1) = 40 \% \times L = 60 \% \times 2400 = 1440 \text{ mm}$$

$$(l_2) = 60 \% \times L = 40 \% \times 2400 = 960 \text{ mm}$$

Akibatnya, beban statis pada roda belakang adalah :

$$W_B = \frac{W \cdot l_1}{L}$$

$$W_B = \frac{420 \cdot 1440}{2400}$$

$$W_B = 252 \text{ kg}$$

Beban statis roda depan adalah :

$$W_D = \frac{W \cdot l_2}{L}$$

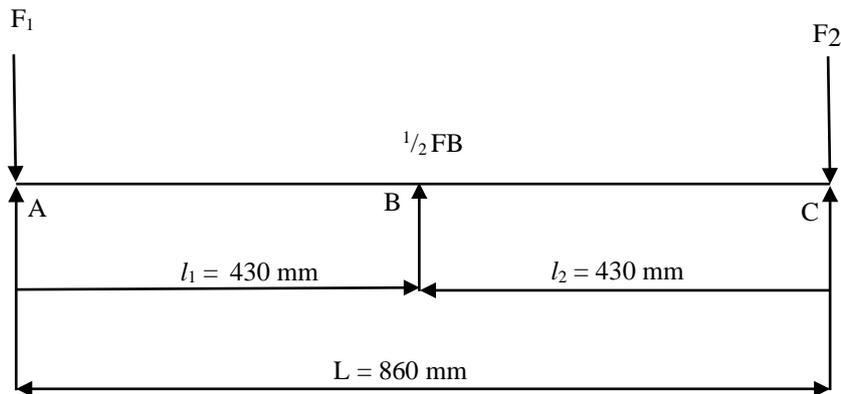
$$W_D = \frac{420 \cdot 960}{2400}$$

$$W_D = 168 \text{ kg}$$

2) Perhitungan Kekuatan Pegas Daun pada Keadaan Statis

a) Gaya F1 dan F2 pada Pegas Daun Dihitung

Pembebanan statis kendaraan akan mengerahkan gaya radial F1 dan F2 pada pegas daun. Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan daya pada F1 dan F2 :



Gambar 11: Ukuran Pegas Daun ke 1

$$\Sigma MC = 0$$

$$-F_1 (l_1 + l_2) + \frac{1}{2} F_B \cdot l_2 = 0$$

$$F_1 \cdot L = \frac{1}{2} F_B \cdot l_2$$

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_B \cdot l_2}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{252 \cdot 430}{860}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 126 \text{ kg}$$

$$= 63 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_1 + F_2 - \frac{1}{2} F_B = 0$$

$$F_2 = \frac{1}{2} F_B - F_1$$

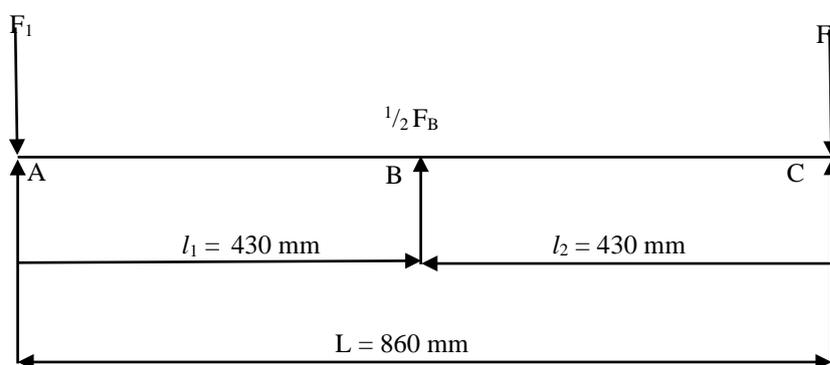
$$= \frac{1}{2} \cdot 252 \text{ kg} - 63 \text{ kg}$$

$$= 126 \text{ kg} - 63 \text{ kg}$$

$$= 63 \text{ kg}$$

A. Perhitungan Momen Lentur dan Tegangan Lentur yang Terjadi pada Pegas Daun.

a) Pegas daun nomor 1 (satu)



Gambar 12: Ukuran Pegas Daun ke 1

Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan tegangan yang terjadi :

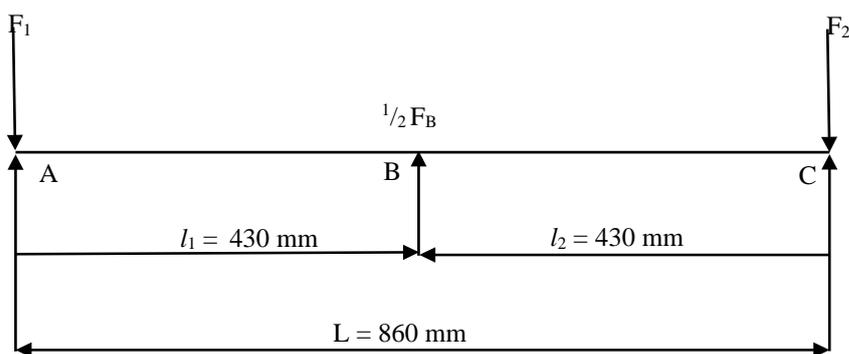
$$\begin{aligned}
 M_{b1} &= F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \text{ atau } & M_{b2} &= F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\
 &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 860 & &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 860 \\
 &= 63 \cdot 430 & &= 63 \cdot 430 \\
 &= 27090 \text{ kg/mm} & &= 27090 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen lentur yang terjadi, momen lentur tertinggi yaitu 27090 kg/mm merupakan momen lentur maksimum, dan tegangan lentur yang terjadi pada per daun ke 1 (satu) adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_b \text{ max}}{\frac{1}{5} \cdot h \cdot b^2} \\
 \sigma_b &= \frac{27090}{\frac{1}{5} \cdot 7 \cdot (70)^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{27090}{6860} \\
 &= 3,94 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

b) Pegas daun nomor 2 (dua)



Gambar 13: Ukuran Pegas Daun ke 2

Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan tegangan yang terjadi :

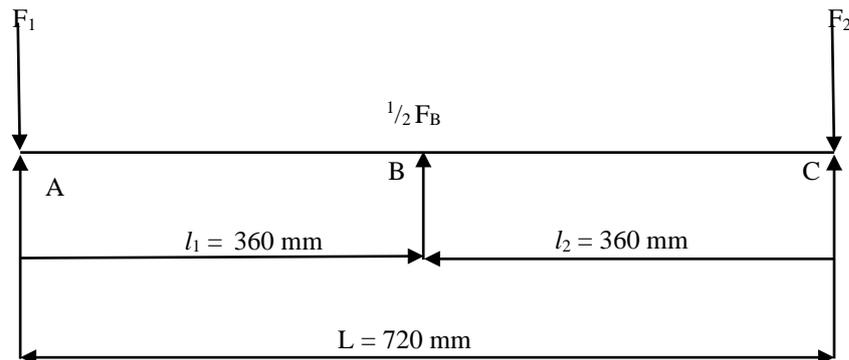
$$\begin{aligned}
 M_{b1} &= F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \quad \text{atau} \quad M_{b2} = F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\
 &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 860 & &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 860 \\
 &= 63 \cdot 430 & &= 63 \cdot 430 \\
 &= 27090 \text{ kg/mm} & &= 27090 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen lentur yang terjadi, momen lentur tertinggi yaitu 27090 kg/mm merupakan momen lentur maksimum, dan tegangan lentur yang terjadi pada per daun ke 2 (dua) adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_b \text{ max}}{\frac{1}{5} \cdot h \cdot b^2} \\
 \sigma_b &= \frac{27090}{\frac{1}{5} \cdot 7 \cdot (70)^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{27090}{6860} \\
 &= 3,94 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

c) Pegas daun nomor 3 (tiga)



Gambar 14: Ukuran Pegas Daun ke 3

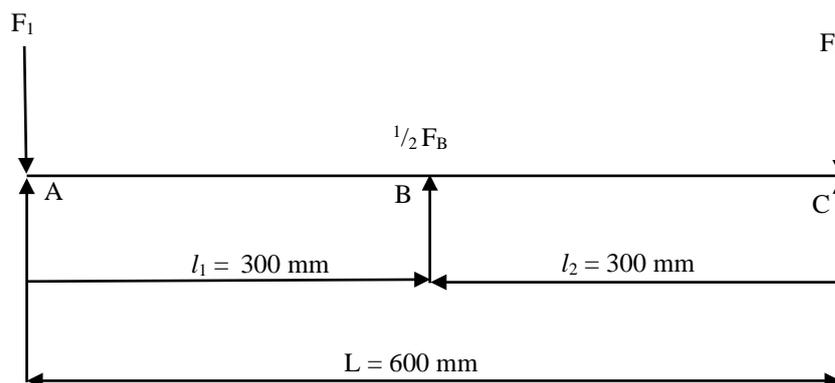
Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 M_{b1} &= F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \quad \text{atau} \quad M_{b2} = F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\
 &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 720 & &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 720 \\
 &= 63 \cdot 360 & &= 63 \cdot 360 \\
 &= 22680 \text{ kg/mm} & &= 22680 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen lentur yang terjadi, momen lentur tertinggi yaitu 22680 kg/mm merupakan momen lentur maksimum, dan tegangan lentur yang terjadi pada per daun ke 3 (tiga) adalah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{M_b \text{ max}}{\frac{1}{5} \cdot h \cdot b^2} \\ \sigma_b &= \frac{22680}{\frac{1}{5} \cdot 7 \cdot (70)^2} \\ \sigma_b &= \frac{22680}{6860} \\ &= 3,30 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

d) Pegas daun nomor 4 (empat)



Gambar 15: Ukuran Pegas Daun ke 4

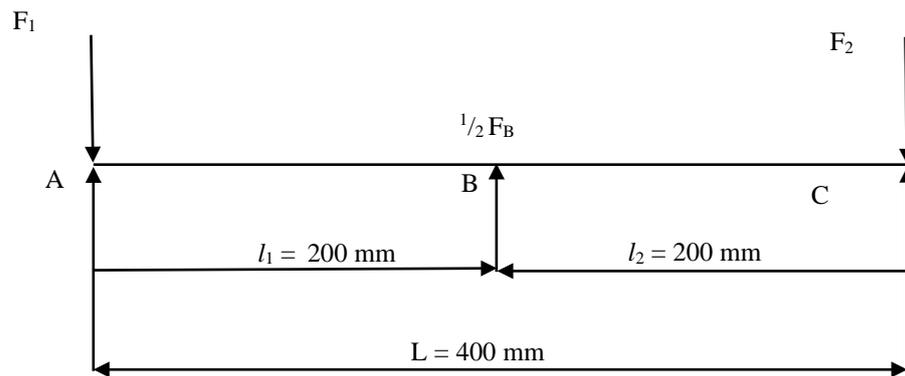
Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}M_{b1} &= F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \text{ atau } M_{b2} = F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\ &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 & &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 \\ &= 63 \cdot 300 & &= 63 \cdot 300 \\ &= 18900 \text{ kg/mm} & &= 18900 \text{ kg/mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen lentur yang terjadi, momen lentur tertinggi yaitu 18900 kg/mm merupakan momen lentur maksimum, dan tegangan lentur yang terjadi pada per daun ke 4 (empat) adalah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{M_b \text{ max}}{\frac{1}{5} \cdot h \cdot b^2} \\ \sigma_b &= \frac{18900}{\frac{1}{5} \cdot 7 \cdot (70)^2} \\ \sigma_b &= \frac{18900}{6860} \\ &= 2,75 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

e) Pegas daun nomor 5 (lima)



Gambar 16: Ukuran Pegas Daun ke 5

Rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 M_{b1} &= F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \text{ atau } M_{b2} = F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot L \\
 &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 400 & &= 63 \cdot \frac{1}{2} \cdot 400 \\
 &= 63 \cdot 200 & &= 63 \cdot 200 \\
 &= 12600 \text{ kg/mm} & &= 12600 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen lentur yang terjadi, momen lentur tertinggi yaitu 12600 kg/mm merupakan momen lentur maksimum, dan tegangan lentur yang terjadi pada per daun ke 5 (lima) adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_b \text{ max}}{\frac{1}{5} \cdot h \cdot b^2} \\
 \sigma_b &= \frac{12600}{\frac{1}{5} \cdot 7 \cdot (70)^2} \\
 \sigma_b &= \frac{12600}{6860} = 1,83 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

3.2. Perhitungan Faktor Keamanan atau *Safety Factor* (*Sf*)

Bahan pegas adalah baja pegas 50 Cr I dengan rentang beban $\sigma_u = 168 - 200 \text{ kg/mm}^2$. Itu harus diperlakukan panas setelah dibuat karena pembentukan dilakukan pada suhu tinggi, dan kekuatan tariknya berkisar dari $\sigma_{y1} = 154$ hingga 175 kg/mm^2 .

Rumus di bawah ini digunakan untuk menghitung faktor keamanan setiap pegas daun (*Sf*) :

$$Sf = \frac{\sigma_{y1}}{\sigma_b \text{ max}}$$

Maka dinyatakan aman, bila:

$Sf < 1$ = Gagal

$Sf = 1$ = Kritis

$Sf > 1$ = Aman

Menurut perhitungan tegangan lentur yang terjadi pada pegas daun 1, 2, 3, 4, dan 5 adalah:

Per daun ke 1 = 3,94 kg/mm²

Per daun ke 2 = 3,94 kg/mm²

Per daun ke 3 = 3,30 kg/mm²

Per daun ke 4 = 2,75 kg/mm²

Per daun ke 5 = 1,83 kg/mm²

Menurut data yang dikumpulkan, tegangan lentur terbesar, yang terjadi pada per daun ke 1 dan 2, adalah 3,94 kg/mm².

$$sf = \frac{\sigma_{yl}}{\sigma_{b \max}}$$

$$Sf = \frac{154 \text{ kg/mm}^2}{3,94 \text{ kg/mm}^2}$$

$$Sf = 39,08 \text{ kg/mm}^2$$

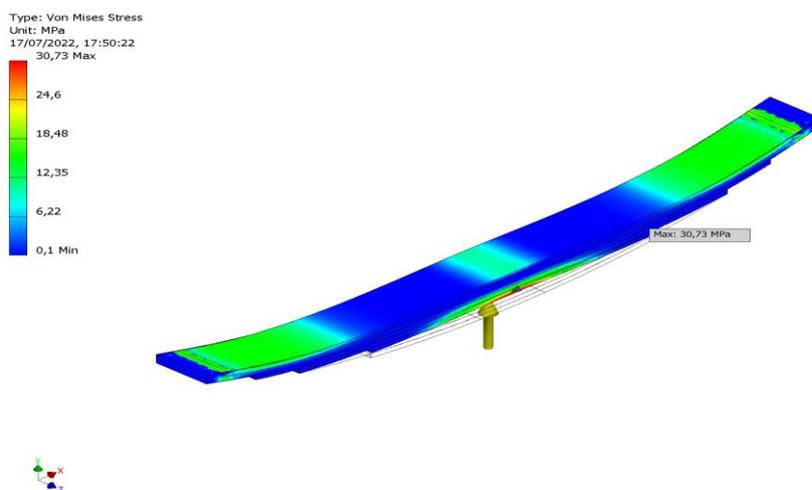
$$Sf > 1 = \text{Aman}$$

Fakta bahwa lima pegas daun telah dianggap **aman** dapat dipandang sangat positif berdasarkan temuan perhitungan faktor keamanan yang diperoleh dari lima pegas daun.

3.3. Simulasi Pada Software CAD Autodesk Inventor 2022

Desain sistem suspensi berfungsi sebagai satu kesatuan untuk menjamin kenyamanan dan stabilitas kendaraan listrik E-niaga pada saat dikendarai. Hasil simulasi CAD suspensi belakang dari berbagai kecepatan dengan beban 420 kg menunjukkan adanya perbedaan pada tiap kecepatan yang diuji, dan untuk batasan tegangan maksimum pegas daun yield strength mencapai 1158 MPa.

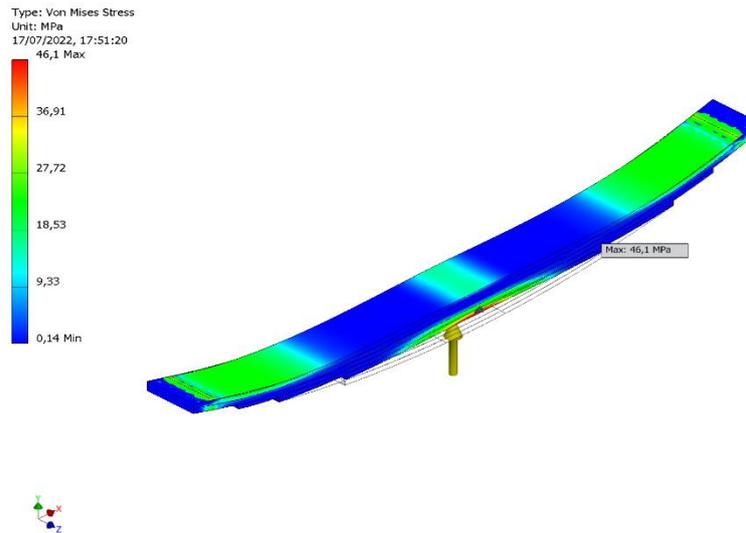
1. Hasil Simulasi Kecepatan 20 km/jam



Gambar 17: Hasil Simulasi Kecepatan 20 km/jam

Berdasarkan Gambar 17 dapat diketahui bahwa warna merah untuk tegangan maksimum, warna hijau untuk tegangan standar, dan warna biru untuk tegangan minimum. Ketika suspensi daun dibebani, fix tetap tidak bisa bergerak, tetapi roller bisa, menunjukkan shackle pada suspensi daun yang memungkinkan pegas bergerak bebas, ketika pegas diberi berat yang sama dengan fix tetap, pegas menerima jumlah tegangan yang sama, pegas yang disimulasikan mengalami tegangan maksimum 30,73 MPa. Kekuatan material masih tergolong aman karena tegangan maksimum masih di bawah yield strength.

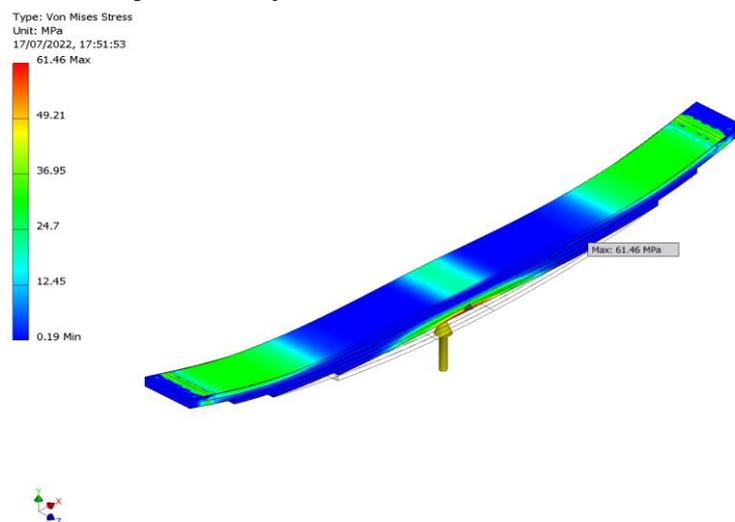
2. Hasil Simulasi Kecepatan 30 km/jam



Gambar 18: Hasil Simulasi Kecepatan 30 km/jam

Berdasarkan Gambar 18 dapat diketahui bahwa warna merah untuk tegangan maksimum, warna hijau untuk tegangan standar, dan warna biru untuk tegangan minimum. Ketika suspensi daun dibebani, fix tetap tidak bisa bergerak, tetapi roller bisa, menunjukkan shackle pada suspensi daun yang memungkinkan pegas bergerak bebas, ketika pegas diberi berat yang sama dengan fix tetap, pegas menerima jumlah tegangan yang sama, pegas yang disimulasikan mengalami tegangan maksimum 46,1 MPa. Kekuatan material masih tergolong aman karena tegangan maksimum masih di bawah yield strength.

3. Hasil Simulasi Kecepatan 40 km/jam



Gambar 19: Hasil Simulasi Kecepatan 40 km/jam

Berdasarkan Gambar 19 dapat diketahui bahwa warna merah untuk tegangan maksimum, warna hijau untuk tegangan standar, dan warna biru untuk tegangan minimum. Ketika suspensi daun dibebani, fix tetap tidak bisa bergerak, tetapi roller bisa, menunjukkan shackle pada suspensi daun yang memungkinkan pegas bergerak bebas, ketika pegas diberi berat yang sama dengan fix tetap, pegas menerima jumlah tegangan yang sama, pegas yang disimulasikan mengalami tegangan maksimum 61,46 MPa. Kekuatan material masih tergolong aman karena tegangan maksimum masih di bawah yield strength.

3.4. Perhitungan Tegangan Pegas Daun Pada Keadaan Dinamis

Pegas daun akan mengalami tegangan akibat beban kendaraan, dan tegangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

1. Mencari tegangan pada pegas daun dengan kecepatan 20 km/jam

$$\begin{aligned}\sigma &= FL / 3nbt^2 \\ &= \left(\frac{420 \cdot 20}{2}\right) \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 7^2 \\ &= 4200 \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 49 \\ &= 1806000 / 51450 \\ &= 35,1 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Mencari tegangan pada pegas daun dengan kecepatan 30 km/jam

$$\begin{aligned}\sigma &= FL / 3nbt^2 \\ &= \left(\frac{420 \cdot 30}{2}\right) \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 7^2 \\ &= 6300 \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 49 \\ &= 2709000 / 51450 \\ &= 52,65 \text{ MPa}\end{aligned}$$

3. Mencari tegangan pada pegas daun dengan kecepatan 40 km/jam

$$\begin{aligned}\sigma &= FL / 3nbt^2 \\ &= \left(\frac{420 \cdot 40}{2}\right) \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 7^2 \\ &= 8400 \cdot 430 / 3 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 49 \\ &= 3612000 / 51450 \\ &= 70,2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tabel 6: Hasil perbandingan simulasi dan perhitungan manual

| Parameter | Simulasi | Perhitungan |
|-----------|-----------|-------------|
| Beban | 8400 N | 8400 N |
| Tegangan | 30,73 MPa | 35,1 MPa |
| Beban | 12600 N | 12600 N |
| Tegangan | 46,1 MPa | 52,65 MPa |
| Beban | 16800 N | 16800 N |
| Tegangan | 61,46 MPa | 70,2 MPa |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi CAD pada pegas yang diberi beban sama, simulasi menunjukkan bahwa pegas yang bergerak dengan kecepatan 20 km/jam mengalami tegangan 30,73 MPa, dibandingkan dengan tegangan 35,1 MPa jika dihitung secara manual, dan 46,1 MPa saat bergerak dengan kecepatan 30 km. /h. Sedangkan dengan perhitungan manual tegangannya 52,65 MPa, pada kecepatan 40 km/jam sebesar 61,46 MPa, sedangkan dengan perhitungan manual sebesar 70,2 MPa, dan yield strength material sebesar 1158 MPa. Kekuatan material umumnya masih aman karena tegangan maksimum masih di bawah yield strength.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Corespondence, E. (2021). Uji Kerja Dinamis Sistem Suspensi Pada Kendaraan Atv. 6(2), 67–70.
- [2] Diploma, P., Disusun, T., & Nim, A. F. (2019). Analisa toe in toe out pada mobil listrik 2 killowatt (kw) laporan tugas akhir.
- [3] Disusun, T. A., Nim, N., Akbar, I., & Saputra, S. (2020). Analisis Uji Tekan Pada Suspensi Mobil Listrik.
- [4] Ismail. (2020). Perancangan Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik Menggunakan Komponen Penggerak Motor Listrik, Baterai Dan Kontroler.
- [5] Mulyono. (2007). Uji Kinerja Dinamis Sitem Suspensi dan Analisis Stabilitas Micro Car. <https://lib.unnes.ac.id/>
- [6] Raksodewanto, A. A. (2020). Membandingkan mobil listrik dengan mobil konvensional. Institut Teknologi Indonesia, 89–92.
- [7] Said, F. A., Adiluhung, H., & Pujiraharjo, Y. (2022). Perancangan Sepeda Motor Listrik Untuk Masyarakat Urban Diperkotaan (Designing Electric Motors For Urban Communites In Engineering). 9(1), 491–507.
- [8] Simanullang, S. D. S. (2019). Pengaruh Berat Beban Terhadap Efisiensi Motor Pada Rancang Bangun Sepeda Motor Listrik Menggunakan Motor BLDC 3 KW. Elektro, Departemen Teknik Teknik, Fakultas Utara, Universitas Sumatera.
- [9] Suparyadi, Andriana. (2017). Tugas Akhir Analisis Perhitungan Kekuatan Pegas Daun Pada Isuzu Panther Grand Touring TBR 541 Tahun 2005. Bandung.
- [10] Usman Mukhamad Khumaidi dan Syarifudin, 2016. Rancang Bangun Suspensi Belakang Tipe Swing Arm Pada Mobil Listrik Tuxuci 2.0 Politeknik Harapan Bersama. Politeknik Harapan Bersama. Jurnal Nozzle, Vol. 5, No. 2.
- [11] Wiyono Y, P, A, dkk., 2018. Sistem Transmisi Otomatis Dengan Metode Continuosly Variable Transmission Pada Mobil Listrik. Universitas Telkom Bandung. E-proceeding of Engineering Vol. 05, No. 03, ISSN : 2355-9365.
- [12] Romney & Steinbart. (2018). Bab Ii Landasan Teori. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 8–24.
- [13] Herlambang A, F, 2017. Rancang Bangun Mobil Listrik Dengan Differential Untuk Pengujian Slalom. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama, Tegal.
- [14] Pranoto, Hadi, Bambang Darmonoa, Zainal Arifin, and Ibnu Susanto. 2021. “Design and Wheel Torque Performance Test of the Electric Racing Car Concept E- Falco.” International Journal of Advanced Technology in Mechanical, Mechatronics and Materials 2(2): 61–69.
- [15] Harušinec, Jozef, Adnrej Suchánek, Mária Loulová, and Pavol Kurčík. 2019. “Design of a Prototype Frame of an Electrically Driven Three-Wheel Vehicle.” MATEC Web of Conferences 254: 02014.