

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## ANALISIS *FATIGUE* PEGAS DAUN KENDARAAN *TRUCK* MITSUBISHI COLT DIESEL 110 PS PENGANGKUT SAYUR DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Farrastio Naufal Muhamad<sup>1\*</sup>, Shafwan Fauzan<sup>2</sup>, Syahrul Maulana<sup>3</sup>, Opan<sup>4</sup>, Moch Faisal<sup>5</sup>, Rizki Fadillah<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Indonesia

### ARTICLE INFO

*Keywords:*  
*Fatigue*  
*Leaf springs*  
*Finite element method*

### ABSTRACT

*Leaf springs are springs that are used in vehicles shaped like a flat plate and then subjected to lateral loads that make the plate bend. The leaf spring functions as a suspension system to absorb shock from the road surface and withstand vibrations so that vibrations are not transmitted to the vehicle body. The failure of the leaf spring of the mitsubishi truck is due to uneven road conditions that give the maximum load on the rear leaf spring of the truck, causing the leaf spring to break due to repeated loading. In this research, it has the aim of obtaining the value of equivalent alternating stress, life cycle, fatigue sensitivity, and safety factor from testing with a load of 10000 kg. This research process is to examine the specifications of the 9-layer leaf spring. The test results show that the lowest life cycle is 25379 cycles, the alternating stress acting on this spring is 200 MPa. Although still lower than the yield stress of the spring with SUP 9A material, the safety factor is only 0.47 so this condition is no longer safe. This value is less than the safety standard for leaf springs, which is 3.0 to 4.5.*

### Pendahuluan

Pegas daun merupakan suatu komponen suspensi yang memiliki fungsi untuk menyerap getaran yang berasal dari permukaan jalan yang dilintasi, yang dimana permukaan jalan tersebut tidak rata. Pegas merupakan komponen yang dirancang mempunyai kekakuan yang relatif

rendah dibandingkan dengan kekakuan normal sehingga gaya yang bekerja pada pegas dapat diserap sampai batas tertentu[1].

Tujuan dari sistem pegas ini adalah untuk meredam getaran atau kejutan yang diakibatkan dari permukaan jalan agar tidak bergetar menuju badan atau bodi pada

\*Corresponding author: [farrastionm@gmail.com](mailto:farrastionm@gmail.com)

DOI: <https://10.24127/armatur.v5i1.4982>

Received 27 Nopember 2023; Received in revised form 20 March 2024; Accepted 20 March 2024

Available online 22 March 2024

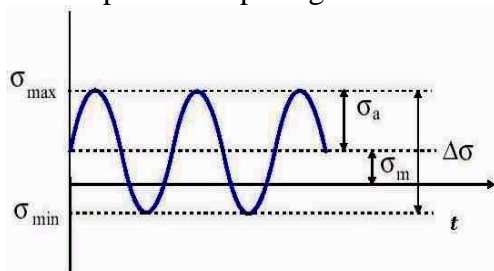
kendaraan saat melintasi suatu permukaan jalan.

Dengan sifat pegas yang elastis, pegas berfungsi untuk menerima getaran atau guncangan roda akibat dari kondisi jalan yang dilalui dengan tujuan agar getaran atau guncangan dari roda tidak menyalur ke bodi atau rangka kendaraan[2]. Dalam fungsinya, pegas daun terkena beban dinamis (berulang) yang sangat tinggi dan mengalami kerusakan akibat kelelahan yang terjadi setelah komponen tersebut menyelesaikan fungsinya[3]. Sehingga dalam pemilihan material dan desain perlu dicermati lebih baik. Biasanya, pegas daun terbuat dari baja seperti baja EN45, EN47, 70Si7, 50Cr4V2, 55SiCr7, dan 50CrMoCV4. Namun, meskipun bahan mentah masih tersedia, bahan tersebut tidak berkelanjutan sehingga penggunaan bahan tersebut semakin dipertimbangkan[4]. Pegas daun harus menyerap getaran vertical, guncangan, dan beban kejut melalui setengah defleksi sehingga energi potensial disimpan pada pegas daun sebagai energi regangan dan kemudian dilepaskan secara perlahan. Karena itulah kemampuan untuk menyimpan energi regangan elastis merupakan kriteria terpenting ketika memilih bahan pada pegas daun[5].

Kemudian dalam melakukan desain pada pegas daun, tentunya perlu memerhatikan berbagai hal yang mempengaruhi dari pembebanan pada pegas daun karena pegas daun memiliki fungsi untuk menyerap pembebanan yang terjadi. Adapun beberapa hal yang perlu diketahui dalam pengaruh pembebanan yaitu:

#### 1. Tegangan rata – rata

Tegangan ini berhubungan langsung dengan *equivalent alternating stress* yang dimana dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Bentuk Tegangan Siklik

Dengan persamaan atau rumus:

a. Tegangan Amplitudo  

$$\sigma_a = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (1)$$

b. Tegangan rata – rata  

$$\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min}) / 2 \quad (2)$$

c. Rasio tegangan  

$$R = \sigma_{min} / \sigma_{max} \quad (3)$$

#### 2. Pengaruh Amplitudo

Amplitudo tegangan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap umur kelelahan logam. Estimasi kelelahan pada beban yang kompleks atau berfluktuasi seringkali didasarkan pada kerusakan non-linier, yang sekarang dikenal sebagai hukum Miner

#### 3. Pengaruh Frekuensi Pembebanan

Pengaruh frekuensi dapat dilihat pada pengujian kelelahan logam pada frekuensi ± 500 hingga 10.000 siklus/menit. Jarak ini tidak mempengaruhi kekuatan leleh material. Misalnya, pengujian kelelahan baja pada frekuensi 200 hingga 5.000 siklus/menit tidak berpengaruh pada batas kelelahan, namun frekuensi 100.000 siklus/menit meningkatkan batas kelelahan

#### 4. Pengaruh Kondisi Material

Deformasi mikroplastik terjadi selama inisiasi retak leleh. Oleh karena itu, komposisi kimia dan struktur mikro material sangat mempengaruhi ketahanan deformasi plastis, yang juga mempengaruhi kekuatan leleh.

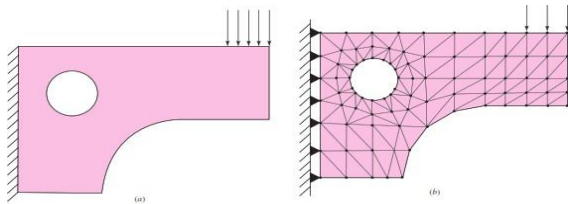
Dalam penelitian ini, dilakukan analisa *fatigue* pada pegas daun dengan menggunakan metode elemen hingga. Pendekatan numerik yang disebut metode elemen hingga digunakan dalam bidang teknik untuk mengatasi berbagai masalah [6]. Dengan kata lain, metode elemen hingga menggunakan bilangan untuk menyelesaikan masalah keteknikan. Karena metode elemen hingga adalah metode numerik untuk menghitung luas struktur kontinu, kesalahan pasti terjadi. Adapun kesalahan yang pasti terjadi jika menggunakan metode hingga adalah:

## 1. Komputasi

Hal ini disebabkan adanya perhitungan dan perumusan kode pemrograman. Kebanyakan kode elemen hingga berfokus pada pengurangan kesalahan, sehingga analisisnya hanya berfokus pada diskritisasi.

## 2. Diskritisasi

Bentuk dan penempatan struktur sebenarnya terus berubah. Memodelkan struktur menggunakan sejumlah elemen terbatas dapat menimbulkan kesalahan saat menyesuaikan geometri dan distribusi penempatan.



Gambar 2. Perbedaan model (kiri) ideal dan elemen hingga (kanan)

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS untuk meneliti tingkat *fatigue* pada pegas daun. ANSYS merupakan salah satu *software* kaya fitur yang sangat berguna sebagai alat analisis untuk digunakan dalam bidang teknik. Perangkat lunak ini banyak digunakan oleh para insinyur untuk mensimulasikan berbagai bidang fisika, termasuk analisis struktur statis dan dinamis, linier dan nonlinier, perpindahan panas, mekanika fluida, dan elektromagnetisme.

Perangkat lunak ANSYS bekerja dengan metode elemen hingga. Analisis suatu benda dilakukan dengan cara mendiskritisasi atau membagi benda tersebut menjadi bagian-bagian (elemen) yang lebih kecil dengan menggunakan elemen hingga yang jumlahnya terbatas.

## Metode Penelitian

### A. Tempat Penelitian

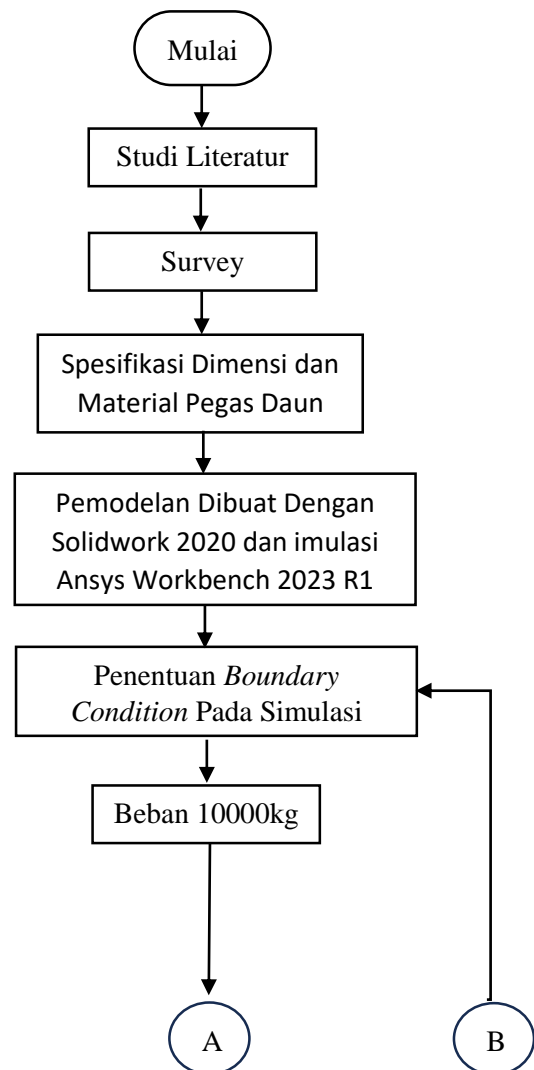
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

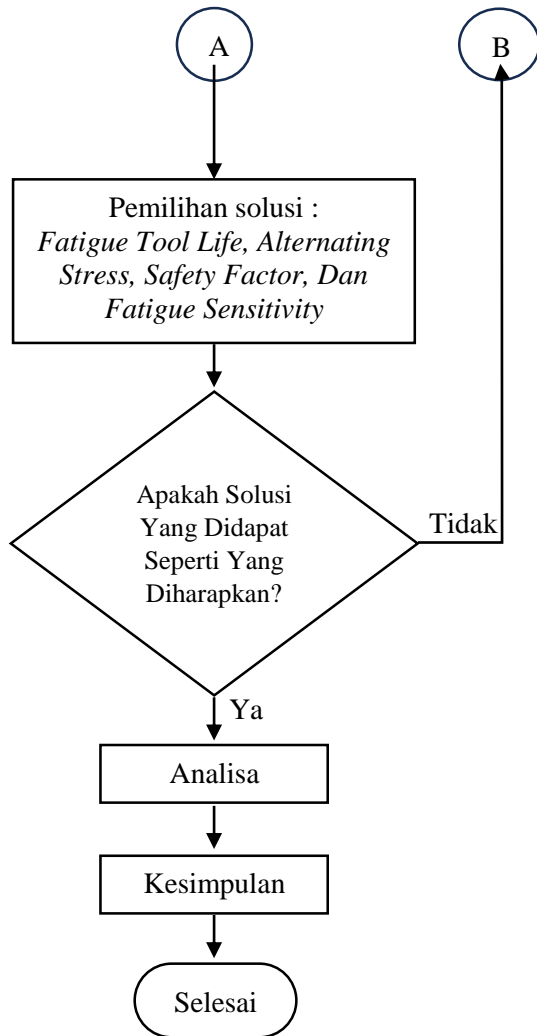
### B. Peralatan Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini yaitu laptop dell intel core i7 8GB dan *software* yang digunakan adalah Solidworks dan ANSYS

### C. Prosedur Penelitian

Dalam suatu penelitian, tentu memiliki tahapan tahapan yang perlu dilakukan demi berjalannya proses penelitian. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.





Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

1. Proses *study literature*

Proses ini yaitu menyiapkan materi yang akan digunakan dalam proses penelitian ini. Materi – materi yang dikumpulkan diperoleh dari jurnal jurnal atau buku yang membahas tentang konsep pada pegas daun maupun tentang konsep pembebanan.

2. Proses *survey*

Pada proses ini, melakukan tinjauan langsung ke tempat lapangan untuk mengetahui kondisi pegas daun yang murni sebelum dikembangkan atau dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi

3. Proses pengumpulan data spesifikasi dimensi dan material pada pegas daun

Proses ini yaitu melaksanakan pengukuran dimensi di setiap lapisan pegas daun dan memilih jenis material

4. Proses pemodelan dan simulasi

Proses ini yaitu membuat suatu model pegas daun yang akan di uji simulasi. Proses pemodelan ini menggunakan *software* solidworks, kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* ANSYS.

5. Proses penentuan *Boundary Condition*

Pada proses ini, dilakukan penentuan kondisi batas pada simulasi dengan menentukan beban, menentukan material, dan menentukan mesh. Adapun beban yang digunakan yaitu 10000 kg

6. Proses Pemilihan solusi

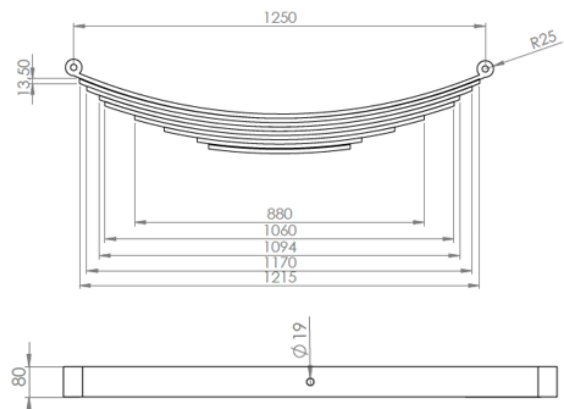
Proses ini menentukan solusi yang dimana hasil apa yang mau ditampilkan oleh *software* ANSYS. Adapun solusi yang dipilih yaitu *fatigue tool, life, alternating stress, safety factor, dan fatigue sensitivity.*

7. Proses Analisa

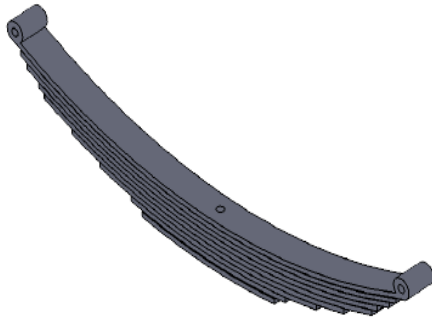
Proses ini yaitu menganalisa data yang sudah dimasukkan sesuai dengan jenis material yang akan disimulasikan. Proses analisa kemampuan material ini menggunakan FEA sehingga hasil nya akan dapat dibentuk kesimpulan dari proses yang sudah didapat.

**D. Pengambilan Data**

Pengambilan data dengan metode elemen hingga dilakukan pada level penggambaran model dengan menggunakan *software* Solidworks yang dimana dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Model pegas daun 2D



Gambar 5. Model pegas daun 3D

Pada pembuatan pegas daun ini, model pegas daun dibuat dengan baja SUP 9A atau JIS, pemodelan gambar dengan menggunakan software Solidworks, dan model ini dianalisis dengan menggunakan software ANSYS. Sebelum melakukan simulasi, ada beberapa proses yang harus dilalui, yaitu sebagai berikut:

1. *Project*

Proses ini menentukan jenis *project* apa yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam hal ini, *project* yang dipilih adalah *static structural*.

2. *Engineering Data*

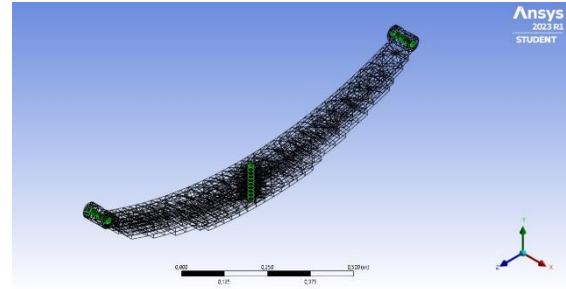
Proses ini untuk memilih material yang akan diuji. *Engineering Data* memiliki S-N Curve karena saat di *solve* untuk *fatigue tool* tidak berada di *tabular*, data tersebut akan mengalami *error* ketika ingin melihat *report review*.

3. *Geometry*

Proses ini adalah pemilihan model yang akan disimulasikan. Tampilan geometri dapat dilihat pada gambar dibawah.

4. *Mesh*

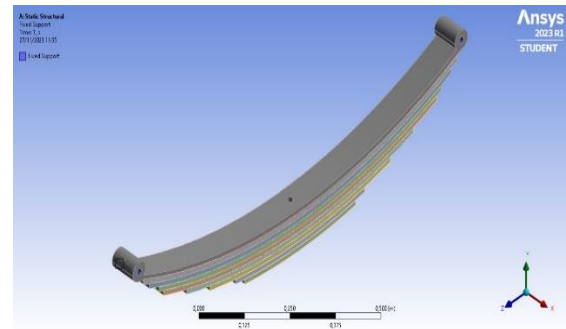
Di penelitian ini, jenis *mesh* yang digunakan adalah *refinement mesh*. Pemilihan *refinement mesh* pada penelitian ini dilakukan dengan menemukannya pada 12 lubang penahan dan lubang tengah pegas daun dengan menghasilkan *nodes* 16256 dan 6081 *elements*.



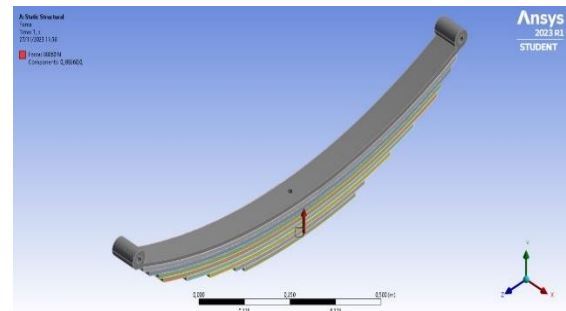
Gambar 6. Model setelah di *Mesh*

5. Memilih beban dan *support*

Pada penelitian ini menggunakan tipe *fixed support* yang diletakkan di dua lubang pegas daun dan dilakukan dengan pembebanan 10000kg yang diubah menjadi satuan newton.



Gambar 7. *Fixed Support* pada lubang pegas daun



Gambar 8. Pembebanan pada pegas daun

6. *Solution*

Proses selanjutnya adalah pemilihan solusi yang ingin digunakan. Pada proses ini, solusi yang dipilih adalah *equivalent alternating stress, life, dan safety factor*.

## Hasil dan Pembahasan

### A. Pembebanan pada pegas daun

Pengumpulan data menggunakan elemen hingga didukung dengan penggunaan software ANSYS Workbench untuk simulasi, yang menentukan semua parameter yang diperlukan seperti masa pakai, faktor keselamatan, dan sensitivitas kelelahan. Material pegas daun kendaraan truk mitsubishi yang diteliti adalah material SUP9A sama dengan SAE1541\_362\_QT pada data desain ANSYS. Adapun spesifikasi material dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Material SUP 9A

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Ultimate Strength (MPa)	1226
2	Yield Strength (MPa)	1080
3	Modulus of Elasticity (GPa)	200-215
4	Poisson Ratio	0.29
5	Density (kg.m <sup>3</sup> )	7800

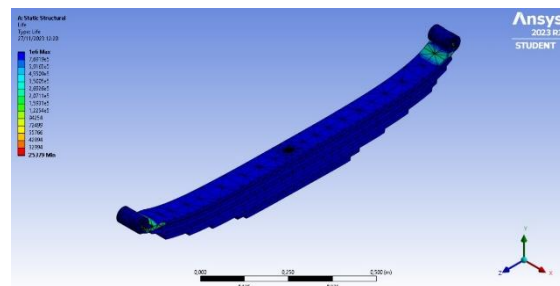
Tabel 2. Spesifikasi Material SAE1541\_362\_QT

No	Spesifikasi	Nilai
1	Ultimate Strength (MPa)	1200
2	Yield Strength (MPa)	1096
3	Modulus of Elasticity (GPa)	207
4	Poisson Ratio	0.3

5	Density (kg.m <sup>3</sup> )	7850
---	------------------------------	------

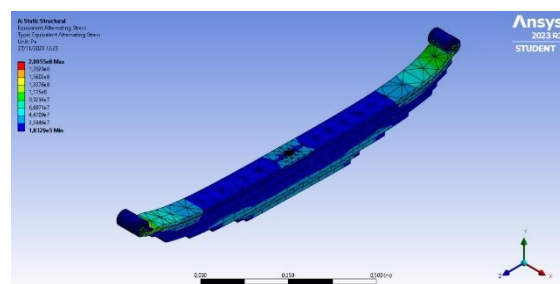
### B. Simulasi Beban

Hasil simulasi beban 10000kg menunjukkan umur pegas 9 lapis mencapai maksimum  $1 \times 10^6$  siklus dan minimum menjadi 25379 cycle. Dari simulasi pada beban 10000 kg pada kedua pegas daun masih aman karena umur minimum masih  $1 \times 10^6$



Gambar 9. Life Pegas Daun 9 Lapisan Dengan beban 10000 kg

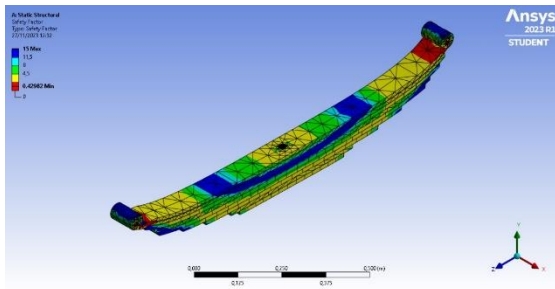
Simulasi selanjutnya dilakukan mencari *alternating stress* ( $\sigma_a$ ). *Alternating stress* pada pegas daun lapisan 9. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai maksimum sebesar 200,5 MPa dan minimum sebesar 0.83 MPa. Dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa pegas daun 9 lapisan ini masih aman dikarenakan masih jauh dibawah nilai *yield strength* material SUP 9A dengan nilai 1018 MPa



Gambar 10. Alternating Stress pegas daun 9 lapisan 10000kg

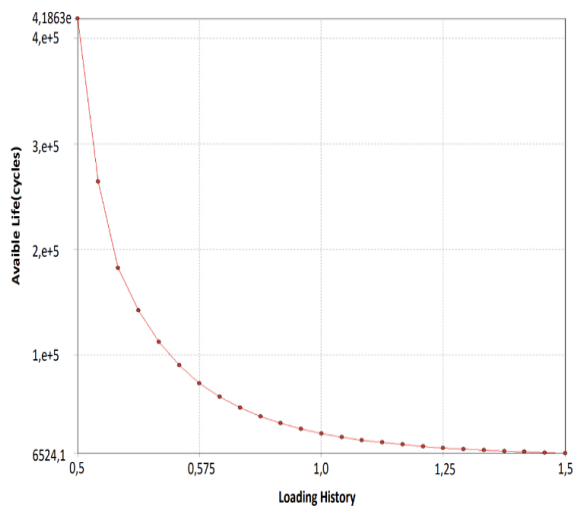
Simulasi selanjutnya adalah simulasi *safety factor*. Untuk nilai *safety factor* pegas daun dalam kondisi beban dan lingkungan yang tidak pasti. Adapun hasil dari simulasi didapatkan bahwa baik pada lapisan 9

memiliki nilai minimum *safety factor* yaitu 0,42982 dan maksimum 15.



Gambar 11. *Safety Factor* pegas daun 9 lapisan 10000kg

Adapun untuk nilai *fatigue sensitivity* diplot sebagai fungsi beban pada lokasi-lokasi utama dalam model, di mana menunjukkan *Loading History* sebesar 6524,1 *cycle* dengan beban 10000 kg



Gambar 12. *Fatigue Sensitivity* pada pegas daun 9 lapisan 10000kg

### C. Total Simulasi Beban 10000kg

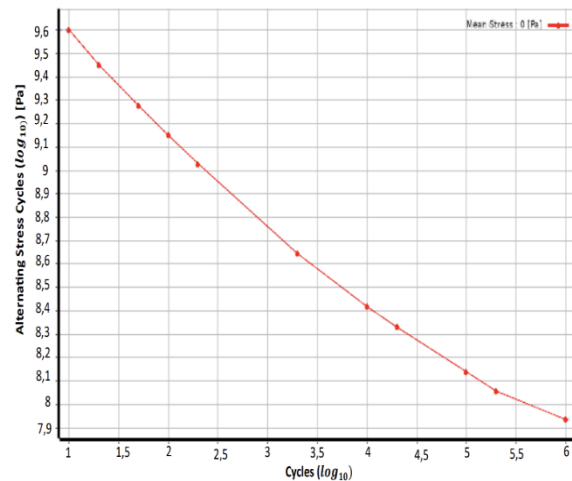
Tabel 3. Simulasi *Alternating Stress*

No	<i>Alternating Stress</i>	10000kg
1	Maksimum	200 MPa
2	Minimum	0,83 MPa

Tabel 4. Simulasi *Alternating Stress*

No	<i>Life</i>	10000kg
1	Maksimum	$10^6$
2	Minimum	25379

Dari tabel diatas, menunjukkan bahwa umur kelelahan semakin berkurang seiring bertambahnya beban, dan semakin tinggi *alternating stress* yang dihasilkan maka semakin mempengaruhi umur pegas daun. Umur maksimum pegas daun adalah  $10^6$  siklus untuk pegas daun 9 lapisan. Jadi, pegas daun dengan *life* aman terdapat di pegas daun 9 lapisan dengan nilai *alternating stress* 200 MPa.



Gambar 13. Grafik S-N

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi tegangan maka umur akan semakin menurun.

Tabel 5. Simulasi *Safety factor*

No	<i>Safety Factor</i>	10000kg
1	Maksimum	15
2	Minimum	0,42982

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa semakin naik beban maka akan semakin menurun nilai *safety factor* nya

### D. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dengan simulasi hingga mendapatkan hasil, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain, perhitungan umur (*life*) untuk beban 10000kg menunjukkan bahwa nilai umur pegas daun masih melebihi syarat umur minimum baja, yaitu 106. Nilai *alternating*

*stress* pada tiap pegas daun pembebanan 10000kg berada di bawah nilai tegangan luluh dari material SUP 9A, yaitu sebesar 1080 MPa. Pada simulasi *safety factor*, nilai terendah pada pembebanan 10000 kg yaitu 0,42982. Dari tiap jenis simulasi, dapat diketahui bahwa area kritis yang harus diperhatikan adalah daerah penahan dikarenakan nilai *life* dan *safety factor* yang rendah.

### Referensi:

- [1] Hidayat, T. (2012). Analisa Kegagalan Pegas Daun (Leaf Spring) Pada Toyota Kijang Kapsul 7K-EI Tahun 2000. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 1(1), 1-8.
- [2] Setiawan, I., & Nur, M. S. (2008). Meningkatkan Mutu Baja Sup 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- [3] Thamrin, I. (2009). Analisa tegangan-regangan struktur pegas daun akibat modifikasi penekanan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(1), 018-022.
- [4] Kusmiran, A., & Desiasni, R. (2020). Pengaruh Orientasi Serat Komposit E-glass Epoxy terhadap Sifat Mekanik Pegas Daun Tunggal dengan Metode Elemen Hingga. *jurnal TAMBORA*, 4(1), 57-62.
- [5] Kumar, M. S., & Vijayarangan, S. (2007). Static analysis and fatigue life prediction of steel and composite leaf spring for light passenger vehicles.
- [6] Moaveni, S. (2011). *Finite element analysis theory and application with ANSYS*, 3/e. Pearson Education India.
- [7] Tadesse, B. A., & Fatoba, O. (2022). Theoretical and finite element analysis (FEA) of coated composite leaf spring for heavy-duty truck application. *Materials Today: Proceedings*, 62, 4283-4290.
- [8] Bathe, K. J. (2006). *Finite element procedures*. Klaus-Jurgen Bathe.
- [9] Jacob, G. J., & Deepak, M. (2017). Design and Analysis of Leaf Spring in a Heavy Truck. *M. Tech (machine design) Student, Dept. of Mechanical*

*Engineering, Kakinada Institute Of Engineering And Technology,(IJITR) INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE TECHNOLOGY AND RESEARCH* Volume, (5), 7041-704.

- [10] Hareesh, K., & Thillikkani, S. (2015). Design and Analysis of Leaf Spring-Using FEA Approach. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 4(3), 197-200.