

Analisis Optimasi Umur Pakai Pegas Daun Dan Pegas Coil Pada Kendaraan *Pick-Up* merk XYZ tipe *Single Cabin 4x4*

Brilian Cahaya Kristian Kamoda¹⁾, Yohanis Rampo²⁾, Robert Munaiseche³⁾.

^{1) 2) 3)} Teknik Mesin, Universitas Negeri Manado

E-mail: ¹⁾ jayakamoda38@gmail.com

Abstrak

Kendaraan tipe *Single cabin 4X4* merupakan kendaraan yang sangat diandalkan dalam industri tambang dan konstruksi karena kehandalannya. Namun, penggunaan intensif di lingkungan yang keras sering kali mengakibatkan penurunan drastis dalam umur pakai pegas suspensi akibat getaran konstan dari medan yang tidak rata dan beban berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban terhadap umur pakai pegas suspensi untuk kendaraan tipe *Single cabin 4X4*. Dalam penelitian ini dilakukan proses pengukuran diikuti dengan analisis menggunakan *software ANSYS Workbench R1 2024* untuk memperoleh informasi tentang umur pakai, tegangan, dan deformasi dari pegas daun dan pegas *coil*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pegas daun nomor 4 memiliki deformasi dan tegangan terbesar, diketahui juga bahwa *safety factor* pegas daun lebih tinggi daripada pegas *coil*. Pegas *coil* memiliki umur pakai yang lebih rendah terutama saat beban *overload* diterapkan. Pegas daun memiliki nilai *life fatigue* yang lebih tinggi daripada pegas *coil*.

Kata Kunci: Kendaraan *single cabin 4x4*, Pegas Daun, Pegas *Coil*, Umur Pakai, ANSYS

Abstract

Single cabin 4X4 vehicle is a highly relied upon vehicle in the mining and construction industries due to its reliability. However, intensive use in harsh environments often results in a drastic decrease in the lifetime of suspension springs due to constant vibrations from uneven terrain and excessive loads. This research aims to analyze the effect of loads on the lifetime of suspension springs in the Single cabin 4X4 vehicle. In this study, measurement processes were conducted followed by analysis using ANSYS Workbench R1 2024 software to obtain information about the lifetime, stress, and deformation of leaf springs and coil springs. Simulation results indicate that leaf spring number 4 exhibits the highest deformation and stress, and it is noted that the safety factor of leaf springs is higher than that of coil springs. Coil springs have a lower lifetime, especially when subjected to overload. Leaf springs have a higher fatigue life value compared to coil springs.

Keywords: *single cabin 4x4 vehicle, Leaf Spring, Coil Spring, Lifetime, ANSYS*

1. PENDAHULUAN

Mobil sebagai kendaraan roda empat, umumnya digunakan untuk mengangkut penumpang atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cepat dan nyaman. Keamanan dan kenyamanan pengemudi menjadi aspek yang sangat penting, selain dari keandalan mesin mobil itu sendiri. Sistem suspensi merupakan suatu rangkaian komponen yang dipasang diantara bodi kendaraan dan roda-roda dan dirancang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas dalam berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan[1].

Kondisi kendaraan, termasuk sistem suspensinya, tidak selalu optimal seiring berjalannya waktu dan pemakaian. Kondisi yang pada awalnya baik dapat mengalami penurunan secara bertahap dan membawa potensi masalah. Khususnya model *single cabin* 4X4, kendaraan ini dipakai di lingkungan yang sangat berat, di mana harus menanggung beban yang melebihi kapasitas maksimum yang direkomendasikan. Jalur yang ekstrem, medan yang tidak rata, serta beban yang berlebihan menjadi kondisi operasional yang umum bagi kendaraan-kendaraan ini.

Perusahaan-perusahaan mengandalkan kendaraan tipe *single cabin* 4X4 sebagai tulang punggung mobilitas mereka, mobil ini dikenal karena keandalannya. Namun, penggunaan intensif di lingkungan yang keras ini sering kali mengakibatkan penurunan drastis dalam umur pakai pegas.

Getaran konstan dari jalan yang tidak rata dan beban yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen suspensi. Gelombang pada jalan akan menghasilkan beban kejut pada sistem pegas. Semakin cepat unit melaju dan menabrak sesuatu sehingga mengalami perlambatan, maka beban kejut yang dihasilkan akan memberikan gaya dorong balik pada unit yang akan diredam oleh suspensi. Hal ini menyebabkan gaya beban suspensi bertambah sehingga dapat melebihi batas elastis komponen. Selain itu, beban kejut ini dapat menyebabkan komponen mengalami fatigue sehingga dapat memperpendek umur komponen [2][3].

Terdapat banyak jenis dan model sistem suspensi yang terdapat pada kendaraan. Ada yang menggunakan sistem suspensi pegas daun (*leaf spring*) dan ada yang menggunakan sistem suspensi pegas coil. Perbedaan penggunaan jenis pegas akan

mendapatkan hasil peredaman yang berbeda[4][5].

Berdasarkan hal tersebut, untuk memperoleh gambaran lebih jauh tentang pegas daun dan pegas coil maka peneliti tertarik melakukan penelitian tentang “Analisis Optimasi Umur Pegas Daun dan Pegas Coil Pada Pick-up Kendaraan tipe Single cabin 4X4”.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas laptop, untuk proses simulasi, pemantauan serta modifikasi. Penggaris atau meteran, digunakan untuk mengukur dimensi linear pegas. Perangkat lunak ANSYS, digunakan untuk melakukan analisis elemen hingga terhadap pegas daun dan pegas *coil*, memperkirakan respon struktural terhadap beban yang diterapkan. Selanjutnya ada pegas *coil*, yang memberikan gaya dorong saat ditekan atau dimampatkan. Pegas daun memberikan kekuatan dan penyerapan kejut yang baik karena struktur bertumpukannya. Serta kendaraan tipe *single cabin 4x4*, yang menjadi kendaraan yang diteliti.

Langkah awal dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran dimensi Kendaraan tipe *single cabin 4X4*, meliputi panjang, lebar, dan tinggi mobil, serta jarak antara kedua poros ban, panjang, lebar, dan tinggi *deck*. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran fisik pegas daun dan pegas coil. Setelah memperoleh data pengukuran dari masing-masing pegas, langkah selanjutnya adalah menganalisis, mengolah, dan menghitung data tersebut untuk memperoleh informasi tentang umur pakai, stres, deformasi dari masing-masing pegas. Selanjutnya menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan[6].

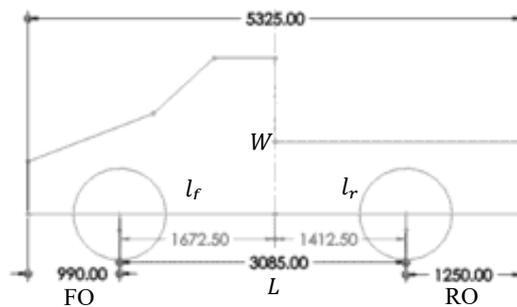
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diketahui berat dari kendaraan Kendaraan tipe single cabin 4x4 adalah 1.900 kg, Payload adalah 1.030 kg, dan berat penumpang diasumsikan 150 kg serta beban overload sebesar 2.030 kg. Pendistribusian beban pada pegas depan (front) bisa dihitung menggunakan persamaan [7]:

$$W_f = \frac{l_r}{L} \cdot W_{total}$$

Sedangkan pendistribusian beban pada pegas belakang (*rear*) menggunakan persamaan :

$$W_r = \frac{l_f}{L} \cdot W_{total}$$



Gambar 1. Distribusi beban kendaraan tipe *single cabin* 4X4

- W_K (Berat kosong) = $1900 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 18.639 \text{ N}$
- Berat muatan kosong (tanpa muatan)
- W_M (Berat Muatan) = 0 N
- Berat muatan *payload* (maksimum yang bisa dimuat kendaraan)
- W_M (Berat Muatan) = $1030 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 10.104,3 \text{ N}$
- Berat muatan *overload* (melebihi yang bisa dimuat kendaraan)
- W_M (Berat Muatan) = $2030 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 19.914,3 \text{ N}$
- Berat total kendaraan dengan muatan kosong (tanpa muatan)
- W_{total} (Berat Total) = $18.639 \text{ N} + 0 \text{ N} + 1.471,5 \text{ N} = 20.110,5 \text{ N}$
- Berat total kendaraan *payload* (maksimum yang bisa dimuat kendaraan)
- W_{total} (Berat Total) = $18.639 \text{ N} + 10.104,3 \text{ N} + 1.471,5 \text{ N} = 30.214,8 \text{ N}$
- Berat total kendaraan *overload* (melebihi yang bisa dimuat kendaraan)
- W_{total} (Berat Total) = $18.639 \text{ N} + 19.914,3 \text{ N} + 1.471,5 \text{ N} = 40.024,8 \text{ N}$
- W_P (Penumpang) = $150 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1.471,5 \text{ N}$

Tabel 1. Perhitungan Beban pada Kendaraan tipe *single cabin* 4X4

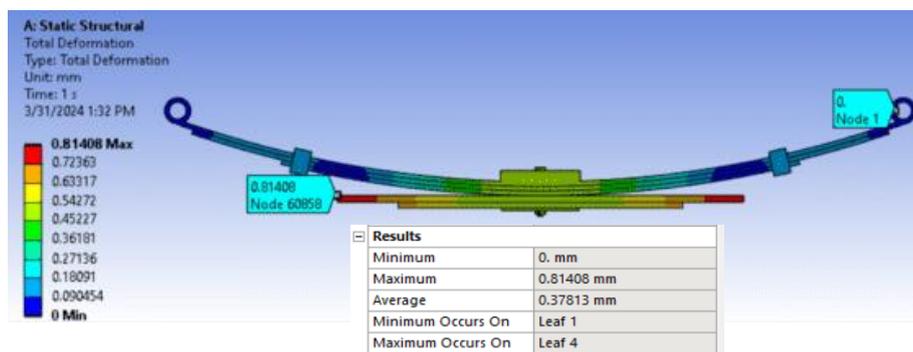
Jenis Beban	<i>Without load</i> 0 kg	<i>Payload</i> 1030 kg	<i>Overload</i> 2030 kg
W_K (Berat kosong kendaraan)	18.639 N	18.639 N	18.639 N
W_M (Berat muatan)	0 N	10.104,3 N	19.914,3 N
W_P (Berat penumpang)	1.471,5 N	1.471,5 N	1.471,5 N
W_{total} (Berat Total)	20.110,5 N	30.214,8 N	40.024,8 N
Pada suspensi depan	9.207,8 N	13.834,1 N	18.325,77 N
Pada suspensi belakang	10.902,7 N	16.380,6 N	21.699,02 N

Dalam proses pengambilan data menggunakan metode elemen hingga, *software ANSYS Workbench* digunakan untuk melakukan simulasi dan menganalisis semua parameter yang diperlukan. ANSYS adalah program bantu dalam analisa metode elemen hingga. Program ANSYS ini ada beberapa program diantaranya, *fluid dynamics, structural mechanics, electromagnetics, systems and multiphysics*. Untuk pengerjakan analisa struktur ini dalam ansys digunalan program *Structural mechamics* [2].

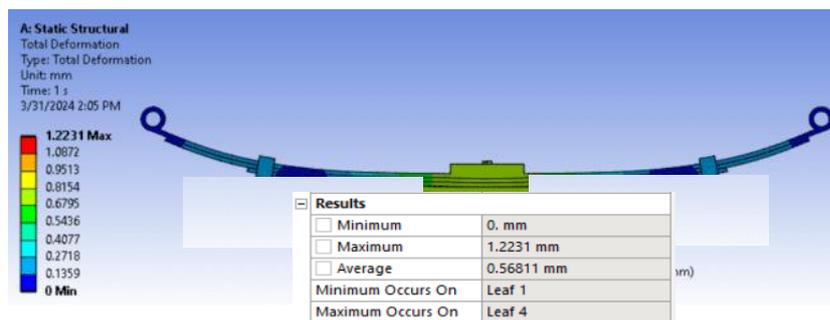
a. Total Deformation Pegas Daun

Rumus defleksi pada *leaf spring* :

$$\delta = \frac{12.W.L^2}{E.n.b.t^3}$$

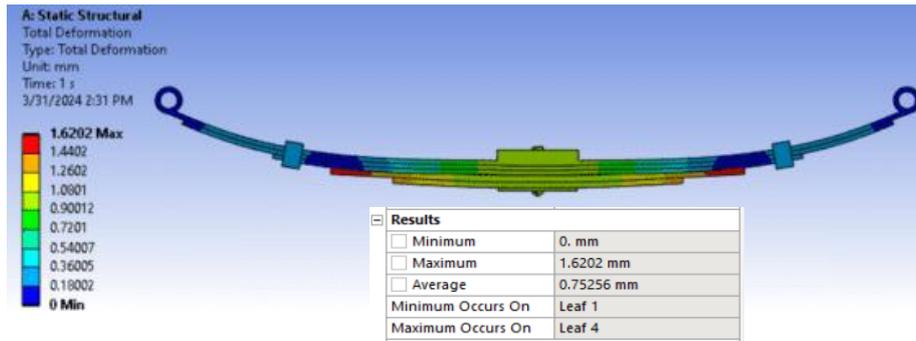


Gambar 2. Deformasi dengan beban sebesar 5.451,35 N



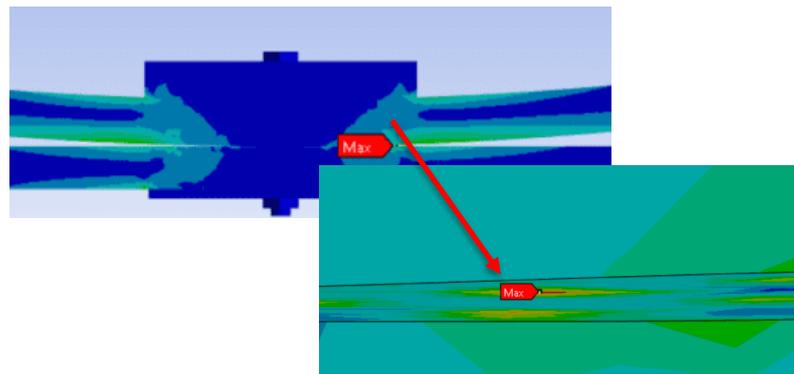
Gambar 3. Deformasi dengan beban sebesar 8.190,3 N

Selama mengalami proses deformasi, benda akan menyerap energi sebagai akibat dari adanya gaya yang bekerja sehingga benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi[8].

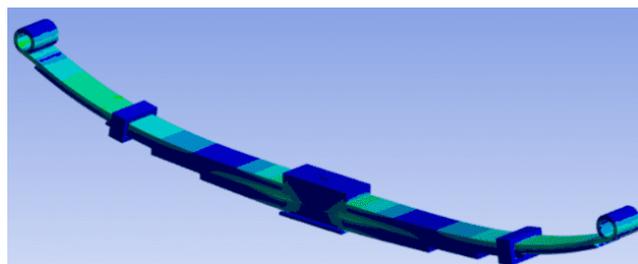


Gambar 4. Deformasi dengan beban sebesar 10.849,51 N

Pada beban 5451,35 N, deformasi maksimum adalah 0,81408 mm. Pada beban 8190,3 N, deformasi maksimum menjadi 1,2231 mm. Pada beban 10849,51 N, deformasi maksimum mencapai 1,6202 mm. Deformasi rata-rata juga meningkat seiring dengan peningkatan beban, dari 0,37813 mm, menjadi 0,56811 mm, dan kemudian menjadi 0,75256 mm. Deformasi terbesar yang terjadi pada pegas nomor 4 artinya tegangan terbesar juga terjadi pada pegas nomor 4, deformasi berbanding lurus dengan tegangan.



Gambar 5. Letak *Equivalent (von-Mises) Stress* maximum pada pegas daun



Gambar 6. *Equivalent (von-Mises) Stress* pada pegas daun
 Analisis pada pegas daun dengan tiga tingkat beban berbeda menunjukkan

Perubahan signifikan dalam *Equivalent (von-Mises Stress)*. Pada beban 5.451,35 N, *stress* minimum adalah 1,1849e-005 MPa, maksimum 107,58 MPa, dan rata-rata 9,6251 MPa. Pada beban 8.190,3 N, *stress* minimum meningkat menjadi 1,7803e-005 MPa, maksimum 161,64 MPa, dan rata-rata 14,461 MPa. Pada beban 10.849,51 N, *stress* minimum mencapai 2,3583e-005 MPa, maksimum 214,12 MPa, dan rata-rata 19,156 MPa. Ini menunjukkan bahwa semakin besar beban pada pegas daun, semakin tinggi nilai *Equivalent (von-Mises) Stress*, meningkatkan risiko kegagalan struktural atau deformasi permanen.

b. Life Time Pegas Daun

Untuk dapat menganalisis *life time* yang terjadi pada pegas akibat kerja beban luar dilakukan proses pembagian struktur menjadi bagian-bagian kecil disebut *element* yang berhingga dimensi dimensi dan jumlahnya (elemen hingga) sedangkan pertemuan dua atau lebih elemen pada satu titik disebut *node*[9]. Metode elemen hingga sangat baik untuk diaplikasikan pada analisis struktur rangka batang sederhana maupun yang lebih kompleks. Metode ini dapat diaplikasikan pada struktur rangka batang statis tertentu maupun statis tak tentu[10].

Hasil simulasi menunjukkan bahwa umur pakai pegas daun pada Kendaraan tipe single cabin 4x4 bervariasi tergantung pada beban yang diterapkan. Saat kendaraan tidak memiliki muatan, umur pakai pegas daun tetap konsisten sekitar $1e8$ cycles. Begitu pula saat muatan maksimum diizinkan diterapkan, umur pakai pegas daun juga tetap konsisten sekitar $1e8$ cycles. Namun, saat muatan overload diterapkan, terjadi penurunan signifikan dalam umur pakai pegas daun menjadi $2.5611e7$ cycles, penurunan terjadi sekitar 74.3889% dari umur pakai dalam kondisi optimal. Ini menunjukkan bahwa beban yang diterapkan secara signifikan memengaruhi umur pakai pegas daun.

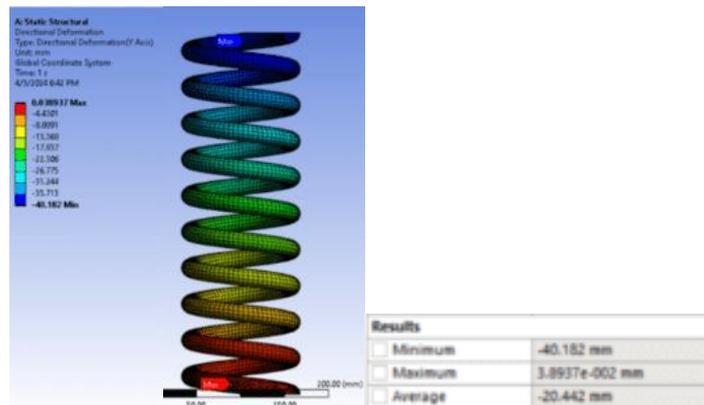
c. Total Deformation Pegas Coil

Pada simulasi pertama dengan beban 4604,9 N, deformasi maksimum adalah 40.182 mm, minimum 3.8937e-002 mm, dan rata-rata 20.442 mm. Pada simulasi kedua dengan beban 6917,05 N, deformasi maksimum meningkat menjadi 62.144 mm, minimum 56.0219e-002 mm, dan rata-rata 31.615 mm. Pada simulasi ketiga dengan beban 9162,89 N, deformasi maksimum mencapai 82.321 mm, minimum 7.9771e-002 mm, dan rata-rata 41.88 mm. Semakin besar beban pada pegas,

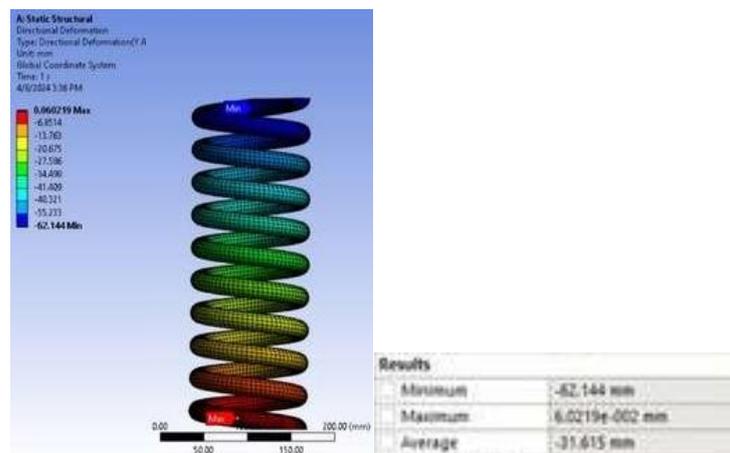
semakin besar pula deformasinya. Nilai negatif pada gambar menunjukkan penyusutan pegas terhadap sumbu Y. Rumus defleksi pada *coil spring* :

$$\delta = \frac{8.n.D^3.W}{d^4.G}$$

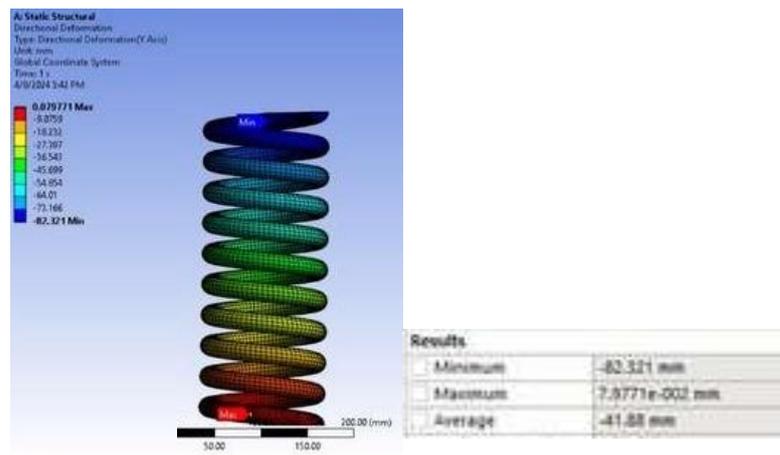
Pada analisis pertama dengan beban 4603,9 N, stress minimum adalah 2.5127e-002 MPa, maksimum 454.03 MPa, dan rata-rata 189.56 MPa. Pada analisis kedua dengan beban 6917,05 N, stress meningkat menjadi minimum 3.7752e-002 MPa, maksimum 682.15 MPa, dan rata-rata 284.8 MPa. Pada analisis ketiga dengan beban 9162,89 N, stress minimum mencapai 5.0009e-002 MPa, maksimum 903.63 MPa, dan rata-rata 377.27 MPa.



Gambar 7. Total Deformation Pada Pegas Coil Dengan Beban 4.603,9 N



Gambar 8. Total Deformation Pada Pegas Coil Dengan Beban 6.917,05 N



Gambar 9. Total Deformation Pada Pegas Coil Dengan Beban 9.162,89 N

d. Life Time Pegas Coil

Perangkat lunak elemen hingga yang banyak digunakan sebagai menganalisis *life time* adalah ANSYS, akan tetapi dapat juga digunakan sebagai jenis simulasi dan analisis lainnya[11].

Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa beban yang diterapkan pada pegas *coil* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *life time*. Semakin tinggi beban yang diangkut oleh mobil, semakin besar pula penurunan dalam umur pakai pegas *coil*, dengan beban *overload* menunjukkan dampak yang paling negatif. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan batas muatan yang diizinkan pada kendaraan guna meminimalkan risiko penurunan umur pakai pegas *coil* dan menjaga kinerja serta keamanan mobil dalam jangka waktu yang lebih lama.

e. Safety Factor (SF)

Safety Factor atau faktor keamanan pegas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_a}$$

Keterangan :

- SF : *Safety Factor*
- σ_y : *yield strength* (Mpa)
- σ_a : *alternating stress* (Mpa)

f. Safety Factor (SF) Pada pegas daun

Safety Factor (SF) untuk beban 5.451,35 N (Tanpa Muatan) adalah :

$$SF = 8.7$$

Safety Factor (SF) untuk beban 8.190,3 N (*Payload*) adalah :

$$SF = 5.8$$

Safety Factor (SF) untuk beban 5.451,35 N (*Overload*) adalah :

$$SF = 4.3$$

g. *Safety Factor* (SF) Pada pegas coil :

Safety Factor (SF) untuk beban 4.603,9 N (Tanpa Muatan) adalah :

$$SF = 2.7$$

Safety Factor (SF) untuk beban 6.917,05 N (*Payload*) adalah :

$$SF = 1.8$$

Safety Factor (SF) untuk beban 9.162,89 N (*Overload*) adalah :

$$SF = 1.4$$

4. SIMPULAN

- a. Deformasi dan tegangan terbesar terjadi pada pegas daun nomor 4, menandakan kecenderungan pegas ini lebih rentan terhadap kelelahan material atau kegagalan struktural.
- b. Secara keseluruhan, pegas daun memiliki safety factor yang lebih tinggi daripada pegas coil. Semakin tinggi safety factor, semakin baik, menunjukkan kemampuan pegas untuk menahan beban yang lebih besar dari yang diharapkan.
- c. Pegas coil pada Kendaraan tipessingle cabin 4X4 memiliki nilai life time lebih rendah daripada pegas daun. Pegas coil terbuat dari baja dengan elastisitas tinggi, sehingga rentan mengalami deformasi plastis atau retak jika beban melebihi batas elastisitasnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ariyanto, "ANALISIS KESTABILAN SISTEM SUSPENSI MOBIL SEPEREMPAT KENDARAAN DENGAN METODE LYAPUNOV LANGSUNG," 2015.
- [2] F. Kurniawan, "Simulasi dan Analisa Tegangan Impak Pada Rim Velg Truk dengan Metode Elemen Hingga," 2017, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/291463450.pdf>
- [3] S. Aritonang, Imastuti, and P. Herdiyana Wuluanuari, "Analisis Kerusakan Yang Disebabkan Oleh Vibrasi Pada SistemSuspensi Kendaraan Roda Empat - Damage Analysis Caused By Vibration At Suspension System of Four Wheels Vehicle," J. Teknol. Daya Gerak, vol. 1, no. 1, pp. 17–33, 2018, [Online]. Available: http://eprints.ums.ac.id/30618/1/2._
- [4] L. Lukman, A. D. Anggono, and S. Sarjito, "Desain Dan Optimisasi Sistem Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3 Dengan Menggunakan Catia

- V5,” Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i1.665.
- [5] N. A. S. Laksana, B. A. Girawan, and J. S. Pribadi, “Desain dan Analisis Karakteristik Pegas Koil Sistem Suspensi Belakang untuk Kendaraan Ringan Sepeda Motor Listrik,” Infotekmesin, vol. 13, no. 1, pp. 59–66, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.908.
- [6] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. 1967. [Online]. Available: https://www.academia.edu/118903676/Metode_Penelitian_Kuantitatif_Kualitatif_dan_R_and_D_Prof_Sugiono
- [7] Bayu Estu Suprayogi, “Perancangan Ulang dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Multiguna Pedesaan Dengan Standar Kenyamanan ISO 2631,” Teknik, vol. 4, no. 1, 2015.
- [8] K. Rohman, “Analisis Komputasional Karakteristik Mekanik Pegas Daun Prototipe Mobil Fish Car Unej (Fcu) Mudksip,” 2020.
- [9] T. M. Arief, “Analisis Kekuatan Struktur Pallet Menggunakan Metode Elemen Hingga,” J. Energi Dan Manufaktur, vol. 7, no. 1, pp. 63–72, 2015.
- [10] S. O. Dapas, “Analisis Struktur Rangka Batang,” J. Ilm. Media Eng., vol. 1, no. 2, pp. 156–160, 2011.
- [11] R. N. Huda, “Analisa Fatik Pegas Daun Kendaraan Truck Mitsubishi Canter 125 PS Pengangkut Sawit Dengan Metode Elemen Hingga,” 2021, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/17505/%0Ahttps://repository.uir.ac.id/17505/1/153310129.pdf>