

## Desain Ulang Dan Analisis *Leaf Spring* Mitsubishi L300 *Multileaf* Menjadi *Progressive Leaf* Menggunakan Metode Elemen

Zanuba Fitria Rachmah <sup>1</sup>, Mohamad Hakam <sup>1\*</sup>, Priyambodo Nur Ardi Nugroho <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

Email: [m\\_hakam@ppns.ac.id](mailto:m_hakam@ppns.ac.id)

**Abstract** – Redesigning the existing leaf spring design and analyzing it's transformation from multileaf to progressive leaf using the finite element method is the focus of this research. The study aims to investigate the impact of these leaf springs when applied to the Mitsubishi L300. The primary objectives include understanding the stress influence, stiffness effects, and fatigue characteristics of both types of leaf springs. Simulation results indicate that the multileaf leaf spring design exhibits a stress value of 503.32 MPa, where the progressive leaf spring shows a stress value of 421.98 MPa. These findings suggest that the progressive leaf spring design efficiently distributes loads, thereby reducing potential damage. Regarding stiffness, the multileaf leaf spring design records a stiffness of 6,320 N/mm, whereas the progressive leaf spring exhibits a stiffness of 5,028 N/mm. Additionally, the fatigue life of the multileaf leaf spring is approximately 4.1 years, whereas the progressive leaf spring reaches 6.8 years. Based on these results, it can be concluded that the progressive leaf spring outperforms the multileaf leaf spring in reducing stress and extending fatigue life, despite having lower stiffness values.

**Keyword:** Fatigue Life, Finite Element Methode, Leaf Spring, Multileaf, Progressive Leaf, Stiffness.

### Nomenclature

<b><i>P</i></b>	Beban
<b><i>I</i></b>	Momen Inersia
<b><math>\sigma</math></b>	Tegangan
<b><math>\delta</math></b>	Defleksi
<b><i>Sf</i></b>	Safety Factor
<b><i>E</i></b>	Modulus Elastisitas
<b><i>k</i></b>	Kekakuan

### 1. PENDAHULUAN

Pegas merupakan suatu komponen dari sistem suspensi, berfungsi menerima beban dinamis pada saat digunakan. Material pegas harus memiliki kekuatan, elastisitas tinggi dan diimbangi ketangguhan yang tinggi. Salah satu jenis pegas yang umum digunakan pada kendaraan roda empat adalah pegas daun (Jazar, 2008).

*Multileaf* merupakan jenis suspensi yang umumnya digunakan pada kendaraan bermotor. Sistem ini terdiri dari beberapa lapisan daun pegas yang dipasang bersama dalam satu tumpukan. Tipe *multileaf* biasanya digunakan pada kendaraan komersial. Sedangkan, *Progressive Leaf Spring* merupakan jenis khusus dari pegas daun yang dirancang dengan beberapa lembar logam dengan ketebalan berbeda-beda dan memiliki karakteristik progresifitas, yang artinya karakteristiknya dapat berubah sesuai dengan jumlah beban yang diterimanya.



Gambar 1 *Multileaf Spring*



Gambar 2 *Progressive Leaf Spring*

Pada penelitian sebelumnya, harga frekuensi natural dari semua mode getaran berdasarkan hasil modal analisis diperoleh harga diatas 100 Hz yang melampaui batas aman baik dari segi kenyamanan desain konstruksi suspensi itu sendiri maupun bagi keamanan penumpang. Namun, dengan menggunakan simulasi harmonik dengan *input* frekuensi sebesar 1 Hz sampai dengan 10 Hz, dihasilkan besarnya simpangan atau amplitudo getar tidak lebih dari 20 mm yang masih masuk batas aman untuk kenyamanan penumpang atau manusia berdasarkan diagram kenyamanan menurut Jane Way. (Daryono, D, 2012). Maka timbul gagasan untuk meningkatkan daya angkut dan kinerja suspensi kendaraan agar mampu menangani kondisi jalan yang tidak rata dengan lebih baik, sehingga dapat memberikan kenyamanan dan stabilitas yang optimal bagi pengguna kendaraan.

Modifikasi suspensi kendaraan dilakukan dengan meningkatkan kemampuan daya muat dan kekuatan struktur *understeel* kendaraan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah jumlah slot pegas daun, namun hal ini dapat menyebabkan rentan terjadinya *crack* atau patah pada pegas daun (Supriyanto & Hermawan, 2020). Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan hasil analisis pada pegas daun *progressive leaf* sebagai dasar pertimbangan untuk diterapkannya pegas daun tipe *progressive leaf* pada kendaraan Mitsubishi L300 yang belum menggunakan pegas daun *type progressive leaf*. Desain ulang pegas daun *multileaf* menjadi *progressive leaf spring* diharapkan dapat menghasilkan nilai kekuatan (nilai *stress*) dan nilai kekakuan (nilai *stiffness*) pegas, dengan mempertimbangkan masa pakai pada *leaf* tersebut.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Finite Element Method

Analisis struktur *vertical lifting* menggunakan *software* ANSYS WORKBENCH RI 2024 *student version* berdasarkan Metode Elemen Hingga atau *Finite Elemen Methods*. Penggunaan metode elemen hingga dengan *software* yang Pertama yaitu penentuan jenis studi sesuai dibutuhkan (*static, frequency, buckling, thermal, optimization, non-linear*). Kedua penentuan jenis material, jenis material yang digunakan adalah jenis material dari permodelan yang akan dianalisis. Ketiga *meshing*, ukuran elemen yang kecil akan menghasilkan kualitas *mesh* yang tinggi, dan akan membuat analisis lebih akurat. Keempat menentukan kondisi batas pada konstruksi dan memasukkan pembebanan

### 2.2 Perhitungan Nilai Laden

Nilai *laden* atau beban muat pada masing-masing *leaf spring*, dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$\text{Nilai Laden} = \text{Muatan Rear Kendaraan}/2 \quad (1)$$

### 2.2 Perhitungan Tegangan

- Tegangan Bending

$$\sigma_b = \frac{M \cdot c}{I} \quad (2)$$

$$\tau_{ijin} \frac{\tau_y}{sf} \quad (3)$$

### 2.3 Perhitungan Faktor Kekakuan

Persamaan konstanta pegas dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$k = P/\delta \quad (4)$$

### 2.4 Fatigue

Fatigue atau kelelahan merupakan kegagalan statis yang disebabkan oleh beban statis yang bekerja pada suatu konstruksi, tetapi besarnya tidak lebih dari tegangan tarik maksimum

(*ultimate tensile strength*) maupun tegangan luluh (*yield strength*).

Menurut T.S. (2008), terdapat beberapa istilah yang menyangkut teori *fatigue*, dan pengertiannya seperti pada penjelasan dibawah ini.

1. *Cyclic stress/load* merupakan variasi pada tegangan atau beban berulang terhadap waktu.
2. *Mean stress* ( $\sigma_m$ ) merupakan tegangan rata-rata yang dapat diterima diantara tegangan maksimum, dengan persamaan berikut.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (5)$$

3. *Maximum stress* ( $\sigma_{max}$ ) merupakan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada keseluruhan suatu material ketika pembebanan.
4. *Minimum stress* ( $\sigma_{min}$ ) merupakan nilai tegangan maksimal yang terjadi pada keseluruhan suatu material ketika pembebanan.
5. *Stress range* merupakan istilah tegangan maksimal terhadap tegangan minimal, dengan persamaan berikut.

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (6)$$

6. *Amplitude of stress* merupakan nilai setengah dari selisih tegangan maksimal terhadap tegangan minimal, yang diformulasikan dengan persamaan berikut.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (7)$$

7. *Cycle* (N) adalah siklus dimana beban bermula dari posisi rata-rata pada waktu tertentu dan kembali ke posisi yang sama setelah beberapa internal waktu
8. *Stress Ratio* (R) merupakan ratio tegangan R didefinisikan sebagai *ratio* tegangan minimum terhadap tegangan maksimal. Menggunakan persamaan berikut.

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (8)$$

9. *Fatigue life* (N) adalah banyaknya siklus yang dialami oleh suatu material atau konstruksi sebelum mengalami kegagalan (*breakdown*)

### 2.4 Perhitungan Nilai Cycle

Nilai *cycle* dari tegangan *range* ( $F_{sr}$ ) untuk mendesain suatu konstruksi. Didapat menggunakan persamaan berikut.

$$N = \text{cycle per day} \times 365 \times \text{years of design life} \quad (9)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Spesifikasi Mitsubishi L300

Berikut merupakan spesifikasi pada Mitsubishi L300 pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Mitsubishi L300

No.	Keterangan	Unit	Kalua Basis	Delk. Dasar
1.	Panjang keseluruhan	mm	4165	4370
2.	Lebar Keseluruhan	mm	1695	1700
3.	Tinggi Keseluruhan	mm	1915	1985
4.	Wheel Base	mm	2350	
5.	Ground Clearance	mm	196	
6.	Gross Vehicle Weight (GVW)	kg	2345	

### 3.2 Pemodelan atau 3D Modeling

Pembuatan model 3D *leaf spring* Mitsubishi L300 menggunakan *software Autodesk Fusion 360* dengan mengacu pada data dari *leaf spring* Mitsubishi L300 dan data yang telah didapatkan dari studi lapangan. Gambar pemodelan serta spesifikasi dari *leaf spring type multileaf* dan *progressive leaf* dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Tabel 2, Tabel 3 berikut.



Gambar 3 Model 3D Leaf Spring Type Multileaf



Gambar 4 Model 3D Leaf Spring Type Progressive Leaf

Tabel 2 Data Desain Leaf Spring

Leaf Spring Original L300					
Dimensi Pegas					
Leaf no.	Span A	Span B	Total	W	T
1.	515	685	1200	70	7
2.	520	685	1205	70	7
3.	520	685	1205	70	7
4.	500	400	700	70	8
5.	180	240	420	70	8

Tabel 3 Data Desain Leaf Spring Improvement

Leaf Spring Improvement L300					
Dimensi Pegas					
Leaf no.	Span A	Span B	Total	W	T
1.	515	685	1200	70	7
2.	515	685	1200	70	7
3.	410	580	970	70	7
4.	500	400	700	70	10
5.	180	240	420	70	10

### 3.3 Perhitungan

- Perhitungan nilai laden  
 Nilai Laden = Muatan Rear Kendaraan/2  
 = 1407/2  
 = 703,5 kg
- Perhitungan tegangan *leaf spring type multileaf*  

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{2,02 \cdot 0,18}{0,0000007842}$$

$$= 4636409,715 \text{ kN/m}^2$$

$$= 463,64 \text{ MPa}$$
- Perhitungan tegangan *leaf spring type Progressive*  

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{2,02 \times 0,20}{0,0000009029}$$

$$= 4474698,295 \text{ kN/m}^2$$

$$= 447,46 \text{ MPa}$$
- Perhitungan tegangan ijin  

$$\text{Tegangan Ijin } (\sigma_{ijin}) = \frac{1080}{1.10}$$

$$= 981,81 \text{ MPa}$$

- Perhitungan kekakuan *type multileaf*

$$k = \frac{F}{\delta}$$

$$= \frac{6889,4 \text{ N}}{1,37 \text{ mm}} = 6.320 \text{ N/mm}$$

- Perhitungan kekakuan *type Progressive*

$$k = \frac{F}{\delta}$$

$$= \frac{6889,4 \text{ N}}{1,37 \text{ mm}} = 5.028 \text{ N/mm}$$

- Perhitungan prediksi umur *type multileaf*

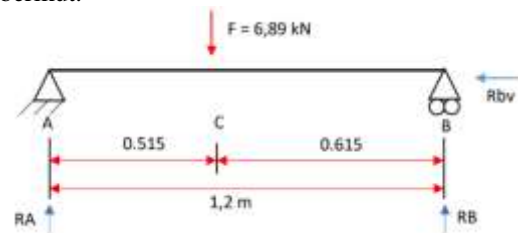
$$\text{Umur Leaf} = \frac{120.000}{80 \times 365} = 4,1 \text{ Tahun}$$

- Perhitungan prediksi umur *type Progressive*

$$\text{Umur Leaf} = \frac{200.000}{80 \times 365} = 6,8 \text{ Tahun}$$

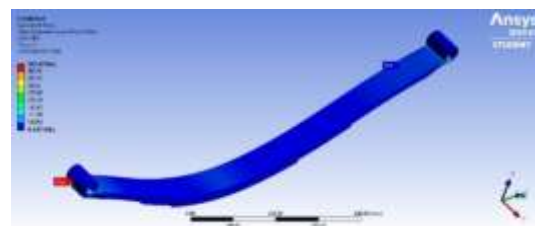
### 3.4 Analisis Pembebanan Static

Sebelum melakukan simulasi distribusi beban, terlebih dahulu mencari data beban aktual berupa beban distribusi merata *leaf spring* yang digambarkan pada *free body diagram* Gambar 5 berikut.

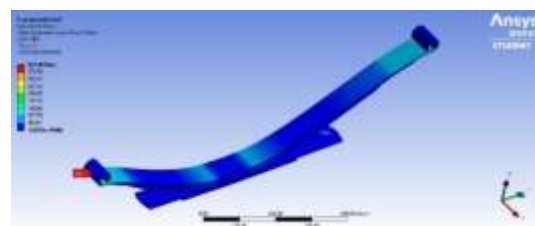


Gambar 5 Free Body Diagram Leaf Spring

Simulasi pembebanan dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS WORKBENCH 2024 student version* pada fitur simulasi *static stress*. Berikut hasil simulasi pembebanan pada *leaf spring* L300 pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Hasil Tegangan Multileaf



Gambar 7 Hasil Tegangan Progressive Leaf

Dari hasil analisis *stress* tersebut, desain pegas daun dengan tipe *progressive leaf* memiliki hasil simulasi tegangan sebesar 421,98 MPa sedangkan *multileaf* menghasilkan simulasi tegangan sebesar 503,32 MPa. Tegangan yang lebih rendah

menunjukkan bahwa pegas daun cenderung lebih fleksibel, sehingga menghasilkan suspensi lebih lembut dan respons yang lebih baik terhadap ketidakrataan jalan. Pengemudi dan penumpang akan merasakan kenyamanan berkendara yang lebih baik karena pegas dapat menyerap getaran dengan lebih baik. Sebaliknya, apabila tegangan lebih tinggi menunjukkan bahwa pegas *multileaf* lebih kaku. Meskipun suspensi yang lebih kaku dapat meningkatkan stabilitas kendaraan, namun bisa mengurangi kenyamanan berkendara karena lebih sedikit penyerapan getaran dari jalan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi software FEM yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis *stress* menggunakan metode elemen hingga dengan pembebanan 703,5 kg, didapatkan nilai maksimum pegas daun tipe *Multileaf* sebesar 503,32 MPa dan pegas daun tipe *Progressive Leaf* sebesar 421,98 MPa. Dari hasil simulasi, tegangan yang lebih rendah menunjukkan bahwa pegas daun tipe *progressive leaf* cenderung lebih fleksibel, sehingga dapat menghasilkan suspensi yang lebih lembut dan respons yang lebih baik terhadap ketidakrataan jalan. Sebaliknya, apabila tegangan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa pegas *multileaf* lebih kaku. Meskipun suspensi yang lebih kaku dapat meningkatkan stabilitas kendaraan, namun bisa mengurangi kenyamanan berkendara karena lebih sedikit penyerapan getaran dari jalan.
2. Berdasarkan perhitungan manual untuk menentukan nilai kekakuan pada desain pegas daun tipe *multileaf*, terdapat perbedaan nilai kekakuan antara pegas daun tipe *multileaf* dengan pegas daun tipe *progressive* dari sisi kenyamanan dan stabilitas kendaraan. Pada tipe *multileaf* memiliki nilai kekakuan sebesar 6.320 N/mm dan tipe *progressive* sebesar 5.028 N/mm. Pegas daun yang memiliki nilai kekakuan lebih besar cenderung memberikan kenyamanan yang lebih baik karena dapat menyerap getaran dan kejutan dari jalan dengan lebih baik. Sebaliknya, jika memiliki nilai kekakuan lebih rendah cenderung memberikan nilai kenyamanan yang kurang baik. Sehingga dari segi kekakuan pegas daun *leaf spring type multileaf* lebih unggul dari pada tipe *progressive*.
3. Berdasarkan analisis *fatigue* pada pembebanan 703,5 kg atau 6889,4 N menunjukkan bahwa desain pegas daun tipe *progressive leaf* memiliki umur pakai lebih panjang dibandingkan desain *multileaf*. Pada kondisi jalan rusak sejauh 3 km, umur pakai *progressive leaf* mencapai 6,8 tahun,

sedangkan *multileaf* hanya 4,1 tahun. Hal ini disebabkan oleh *stress range* yang lebih rendah pada *progressive leaf*, sehingga menghasilkan jumlah siklus lebih tinggi dan umur pakai yang lebih lama. Oleh karena itu, pegas daun tipe *progressive leaf* sangat direkomendasikan untuk kendaraan *pick-up* Mitsubishi L300.

#### 5. PUSTAKA

- [1] Daryono, D. (2012). Kelayakan Pegas Daun Dalam Penerimaan Beban Optimal.
- [2] Gere, & Timoshenko. (1996). *MEKANIKA BAHAN Edisi 1*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Hardi, W., Karim, I. A., & Tamimi, M. I. (2021). Analisis Elemen Hingga Pada Pegas Daun Mobil L300 Type Standard Dan Type Modifikasi.
- [4] Jazar, R. (2008). *Vehicle Dynamic : Theory And Application*, Melbourne : Springer, Boston, Ma.
- [5] Popov, E. P. (1984). *MEKANIKA TEKNIK*.
- [6] Ridho, H. N. (2020). Analisa Fatik Pegas Daun Kendaraan Truck Mitsubhisi Canter 125ps Pengangkut Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga.
- [7] Saini. (2013). DESIGN AND ANALYSIS OF COMPOSITE LEAF SPRING FOR LIGHT VEHICLHLE. *International Journal Of Innovative Research In Science, Engginering And Tecnology*, 10.
- [8] Supriyanto, A., & Hermawan, M. V. (2020). Simulasi Numerik Penambahan Slot Per Daun. 6.
- [9] Thamrin, I. (N.D.). Analisis Tegangan-Regangan Struktur Pegas Daun Akibat Modifikasi Penekanan.