

Analisis Pengaruh Beban Dan Dimensi Berlebih Kendaraan Angkutan Barang Terhadap Ketahanan Sasis Dan Sistem Suspensi Kendaraan

Aat Eska Fahmadi¹, Rahma Rafinanda², Moch Aziz Kurniawan³, Sugianto⁴,
R.Arief Novianto⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

e-mail: ¹aat@pktj.ac.id, ²rahmarafinanda20@gmail.com, ³aziz@pktj.ac.id,
⁴sugianto@pktj.ac.id, ⁵ariefn@pktj.ac.id

Received 25-12-2025; Reviewed 28-12-2025; Accepted 31-12-2025
Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>
DOI: 10.46447/ktj.v12i2.770

Abstract

The widespread use of overloaded and overdimensioned freight vehicles (ODOL) has become a serious issue, affecting not only road infrastructure but also the technical components of vehicles, such as the chassis and suspension systems. This study aims to directly analyze the impact of excessive load and dimensions on the durability of the chassis and leaf springs as part of the vehicle's suspension system. The main problem examined is the extent to which ODOL conditions contribute to technical damage in the chassis and leaf springs. This research adopts an experimental approach by collecting data through field observations, driver interviews, and static load simulations using the Finite Element Analysis method with SolidWorks software. Simulations were conducted on the chassis and leaf springs of an open-bed truck with a 1.2 axle configuration, using three load variations (10%, 20%, and 30% over the vehicle's Gross Vehicle Weight Rating or GVWR). The simulations also aimed to identify the point at which the chassis and leaf springs experience material failure or fracture. The results show a significant increase in stress and displacement in both the chassis and leaf springs under 10%, 20%, and 30% overload conditions. Furthermore, the factor of safety values indicate a declining level of material safety as the load increases. Material failure in the chassis occurred at 55% overload, while the leaf springs failed at 150.7% overload. Based on observations, interviews, and simulation results, this study reinforces the importance of enforcing regulations on vehicle weight and dimensions. In addition to damaging infrastructure, ODOL vehicles significantly compromise the structural integrity of the chassis and suspension system, leading to increased vehicle maintenance costs. This research is expected to serve as a technical reference for business operators and policymakers in supporting the Zero ODOL program and as a basis for developing more evidence-based road safety policies.

Keywords: Overdimension and Overload, ODOL Vehicles, Suspension System, Chassis, SolidWorks Simulation

Abstrak

Maraknya penggunaan kendaraan angkutan barang dengan beban dan dimensi berlebih (ODOL) menjadi permasalahan serius yang berdampak tidak hanya pada infrastruktur jalan, tetapi juga pada komponen teknis kendaraan seperti sasis dan sistem suspensi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara langsung dampak beban dan dimensi berlebih terhadap ketahanan sasis dan pegas daun sebagai bagian dari sistem suspensi kendaraan. Permasalahan utama yang dikaji adalah seberapa besar pengaruh kondisi ODOL terhadap kerusakan teknis yang terjadi pada sasis dan pegas daun sebagai sistem suspensi pada kendaraan. Metode penelitian menggunakan eksperimental dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara pengemudi, dan simulasi pembebanan statis dengan metode Finite Element Analysis software SolidWorks. Simulasi dilakukan pada sasis dan pegas daun truk bak terbuka konfigurasi 1.2 dengan menggunakan tiga variasi pembebanan (10%, 20%, dan 30% melebihi batas JBI). Simulasi pembebanan juga mencari berat sampai sasis dan pegas daun mengalami kegagalan material atau patah. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan tegangan dan displacement yang signifikan pada sasis dan pegas daun untuk jenis pembebanan 10%, 20%, dan 30% lebih dari JBI serta pada parameter factor of safety menunjukkan penurunan tingkat keamanan material seiring bertambahnya beban yang diberikan. Hasil simulasi sampai kondisi sasis dan pegas daun mengalami patah terjadi di beban 55% melebihi JBI untuk simulasi sasis dan pembebanan kendaraan pada beban 150,7% untuk material pegas daun mengalami patah. Berdasarkan temuan hasil observasi, wawancara dan hasil simulasi ini memperkuat pentingnya penegakan regulasi terhadap batas beban dan dimensi kendaraan. Selain merusak infrastruktur, kendaraan ODOL terbukti merusak sasis dan suspensi kendaraan secara signifikan dan dari hal ini dapat meningkatkan biaya perawatan kendaraan.

Kata kunci: Overdimension Overload, Kendaraan ODOL, Sistem Suspensi, Chasis, Simulasi Solidworks

PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan dengan muatan dan dimensi berlebih (ODOL) masih marak karena dianggap sebagai cara efisien untuk menghemat biaya pengiriman. Namun, praktik ini menimbulkan berbagai masalah serius, seperti kerusakan infrastruktur jalan, penurunan umur jalan, risiko kecelakaan, serta kerusakan teknis pada kendaraan yang akhirnya meningkatkan biaya operasional akibat perawatan lebih sering (Gunawan, Kurniawan and Fauzi, 2023). Data Korlantas Polri tahun 2022 mencatat kendaraan ODOL menyebabkan 349 kecelakaan dalam lima tahun terakhir dan menimbulkan kerugian negara sekitar 43 triliun rupiah per tahun untuk perbaikan infrastruktur jalan (Nicholas Rachmanata, 2022).

Banyak kecelakaan melibatkan truk ODOL, seperti kasus di Probolinggo tahun 2019 ketika truk bermuatan semen berlebih patah sasisnya hingga menyebabkan kemacetan, serta insiden di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya tahun 2024 saat truk bermuatan berlebih patah chasis dan menimbulkan antrean panjang kendaraan (Arifin, 2019). Penelitian tahun 2023 menunjukkan bahwa kendaraan ODOL dapat memangkas sepertiga umur jalan dari rencana awal serta membebani komponen kendaraan yang menanggung beban berlebih (Gunawan, Kurniawan and Fauzi, 2023). Meskipun demikian, perhatian penelitian selama ini masih lebih banyak tertuju pada dampak makro ODOL, seperti kerusakan infrastruktur dan keselamatan lalu lintas. Kajian yang secara langsung dan kuantitatif menelaah bagaimana

pembebanan berlebih memengaruhi ketahanan struktural kendaraan, khususnya pada sasis dan sistem suspensi, masih relatif terbatas.

Sasis dan sistem suspensi, merupakan elemen kunci yang menopang beban kendaraan sekaligus menjaga stabilitas dan keselamatan selama operasional (Chen et al., 2021; J. Jia et al., 2022). Ketika kendaraan dioperasikan melampaui batas desainnya, komponen-komponen ini harus menanggung tegangan dan deformasi yang tidak lagi sesuai dengan kondisi rancangannya (F. Jia et al., 2022; Nguyen et al., 2024; Zamzam et al., 2025). Dalam jangka panjang, kondisi tersebut berpotensi menurunkan faktor keselamatan material, mempercepat terjadinya kerusakan, dan meningkatkan risiko kegagalan struktur yang berdampak langsung pada keselamatan pengguna jalan (Angelo et al., 2023; Chu et al., 2023; Le et al., 2025; Yuan et al., 2023).

Menimbang kompleksitas permasalahan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji secara lebih mendalam pengaruh beban dan dimensi berlebih terhadap ketahanan sasis dan sistem suspensi kendaraan angkutan barang melalui pendekatan eksperimental yang dikombinasikan dengan simulasi numerik menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA). Dengan memahami respon struktural kendaraan terhadap variasi pembebanan ODOL, penelitian ini diharapkan tidak hanya mengisi celah kajian teknis yang masih terbatas, tetapi juga memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat bagi pelaku usaha, praktisi transportasi, dan pembuat kebijakan dalam mendorong implementasi program Zero ODOL secara lebih berkeadilan, aman, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental. Metode penelitian ini digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu objek penelitian terhadap objek lain dalam penelitian dengan kondisi yang terkendali (Syahrizal and Jailani, 2023). Penelitian ini menggunakan teknik penentuan sampling secara *non-probability* sampling dengan pendekatan secara *accidental sampling*. Teknik pengambilan sampel ini tidak memberikan kesempatan yang sama bagi setiap anggota dari populasi untuk dipilih menjadi sampel. Pemilihan sampel yang tepat sangat menentukan hasil penelitian yang dilakukan. Sampel yang tepat dan cermat sangat penting untuk memberikan gambaran yang jelas dari keseluruhan populasi (Candra Susanto et al., 2024)

Metode Pengambilan dan Pengumpulan data

a. Observasi

Metode observasi digunakan untuk menghimpun data-data yang dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap fenomena-fenomena yang sedang dijadikan objek pengamatan (Sari, 2016).

b. Wawancara

Teknik yang digunakan dengan pengumpulan data melalui interaksi langsung antara peneliti dan responden dengan cara mengajukan pertanyaan untuk mendapatkan informasi mengenai topik yang diteliti (Siti Romdona, Silvia Senja Junista, 2025).

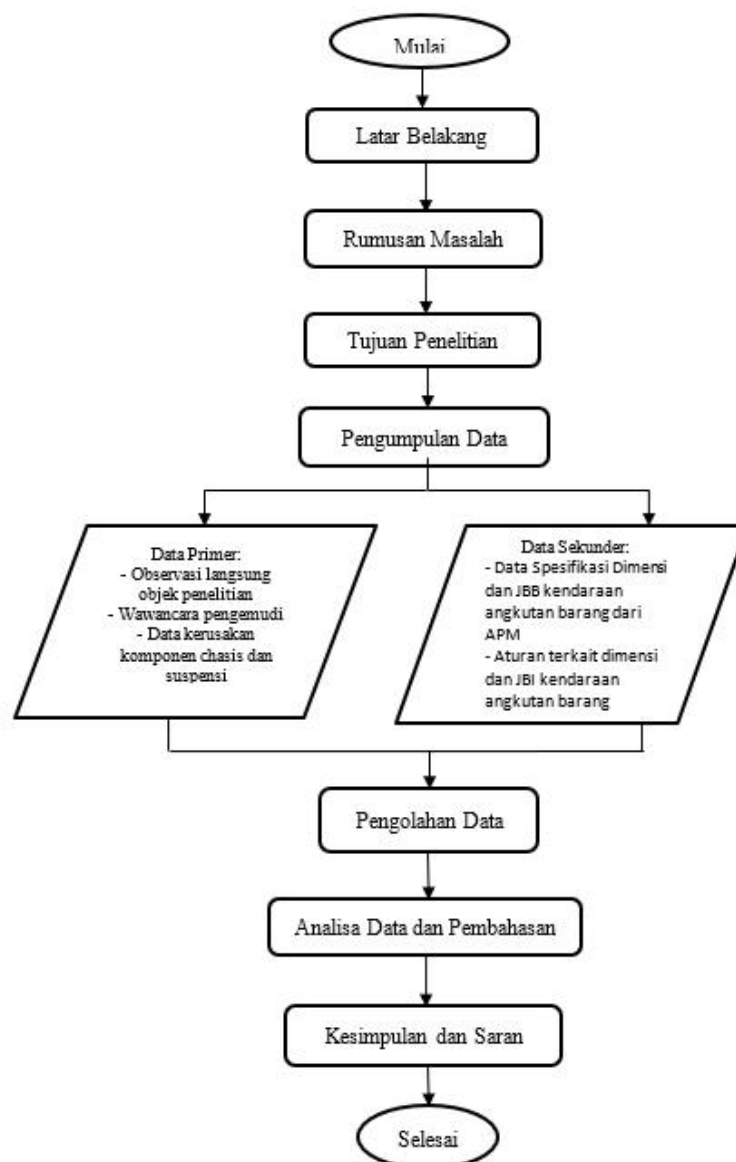
c. Dokumentasi

Dokumentasi diperlukan dalam penelitian ini untuk pengumpulan bukti sebagai upaya mencatat dan mengkategorikan suatu informasi dalam bentuk tulisan, foto, gambar maupun video (Hasan, 2022).

d. Metode Finite Elemen Analysis

Metode numerik FEA digunakan dengan aplikasi simulasi pembebanan solidworks untuk mengukur tiga parameter tingkat kekuatan material sasis dan pegas daun. Tiga parameter yang akan di ukur yaitu tegangan *von misses stress*, *displacement*, dan *factor of safety* dari material objek simulasi. Objek simulasi yang digunakan pada penelitian ini merupakan salah satu dari sampel penelitian dengan pengambilan objek simulasi dipilih dari konfigurasi dan merek terbanyak dari sampel yang ada di lapangan.

Pemilihan sampel terpilih yaitu kendaraan truk Mitsubishi FE 74s konfigurasi 1.2 dengan simulasi pembebanan dilakukan sebanyak tiga kali pembebanan pada sasis dan pegas daun kendaraan. Pembebanan yang diberikan sebesar 10%,20% dan 30% pembebanan melebihi JBI dari kendaraan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan Data di Lapangan

Hasil temuan di lapangan menemukan total 30 kendaraan yang termasuk kendaraan muatan berlebih dan dimensi berlebih dengan jumlah masing-masing kendaraan muatan berlebih sejumlah 26 dan kendaraan dimensi berlebih sejumlah 4 kendaraan. Sehingga, perbandingan persentase kendaraan muatan berlebih dengan kendaraan dimensi berlebih sebesar 87% untuk kendaraan muatan berlebih dan 13% untuk kendaraan dimensi berlebih. Data kendaraan muatan berlebih yang ada dapat dijelaskan melalui penjabaran secara statistik deskriptif dengan tabel berikut ini:

Tabel 1. Kendaraan Muatan Berlebih

No	Konfigurasi	Merek	JBK (kg)	Berat Penimbangan (kg)	Berat Lebih (kg)	Persentase Lebih (%)
1.	1.2	Mitsubishi	7500	8740	1240	17
2.	1.2	Hino	11160	12440	1280	12
3.	1.22	Daihatsu	24000	26600	2600	11
4.	1.2	Mitsubishi	7500	8840	1340	18
5.	1.2	Mitsubishi	7690	8720	1030	14
6.	1.2	UD Truck	7480	7860	380	6
7.	1.2	Daihatsu	8250	10740	2490	31
8.	1.2	UD Truck	2340	2500	160	7
9.	1.2	Mitsubishi	2200	2400	200	10
10.	1.2	Mitsubishi	7500	8620	1120	15
11.	1.2	Mitsubishi	8000	10100	2100	27
12.	1.2	Mitsubishi	7500	9240	1740	24
13.	1.2	Mitsubishi	13002	15540	2538	20
14.	1.2	Isuzu	2540	2980	440	18
15.	1.2	Nissan	7000	10540	3540	50
16.	1.2	Nissan	12150	13280	1130	10
17.	1.2	Nissan	7500	8060	560	8
18.	1.2	Suzuki	2230	2600	370	17
19.	1.2	Mitsubishi	11860	12820	960	9
20.	1.2	Mitsubishi	8100	9150	1050	12
21.	1.22	Mitsubishi	20660	22100	1440	7
22.	1.2	Nissan	5010	5340	330	7

No	Konfigurasi	Merek	JB I (kg)	Berat Penimbangan (kg)	Berat Lebih (kg)	Persentase Lebih (%)
23.	1.2	Isuzu	8250	10640	2390	29
24.	1.2	Isuzu	7430	9260	1830	25
25.	1.2	Isuzu	8000	9880	1880	24
26.	1.22	Hino	19670	23280	3610	18

Dari tabel kendaraan muatan berlebih di atas, berikut ini tabel analisis deskriptif yang dapat menjelaskan dari data tabel di atas:

Tabel 2. Statistik Deskriptif Kendaraan Muatan Berlebih

	Jumlah Sampel	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata
JB I	26	2200	24000	8962.77
Berat Penimbangan	26	2400	26600	10399.62
Berat Lebih	26	160	3540	1436.85
Persentase Lebih (%)	26	6	50	17.15

Dari tabel analisis deskriptif kendaraan muatan berlebih di atas, dapat diketahui JB I terberat dari kendaraan sampel dengan berat 26600 kg dan untuk persentase beban lebih kendaraan terbesar yaitu 50%. Sampel kendaraan dengan dimensi berlebih didapati sebagai berikut:

Tabel 3. Kendaraan Dimensi Berlebih

No	Tahun Kendaraan	Konfigurasi	JB I (kg)	Ukuran Toleransi	Ukuran Uji (mm)	Ukuran Lebih (mm)
1.	2005	1.22	20890	9000 (Bak Muatan)	9200 (Bak Muatan)	200 (Bak Muatan)
2.	1995	1.22	18180	9000 (Bak Muatan)	9700 (Bak Muatan)	700 (Bak Muatan)
3.	2016	1.2	8000	2000 (Lebar Kendaraan), 3400 (Tinggi Maksimal)	3650	250 (Tinggi Kendaraan)
4.	2012	1.2	7500	2000 (Lebar Kendaraan), 3400 (Tinggi Kendaraan)	3550	150 (Tinggi Kendaraan)

Hasil observasi menunjukkan bahwa kendaraan muatan dan dimensi berlebih memiliki persentase kelebihan beban antara 6% hingga 50%, dengan rata-rata kelebihan beban 17,15% dari JBI kendaraan. Pada kendaraan dimensi berlebih, diketahui pelanggaran dimensi dari kendaraan sampel terjadi pada bagian tinggi dan bak kendaraan.

Hasil Observasi Kerusakan Chasis Dan Pegas Daun

Setelah melakukan observasi pada kendaraan sampel, didapati kerusakan chasis yang ada pada kendaraan sebagai berikut:

Tabel 4. Kerusakan Chasis

No.	Jenis Kerusakan	Gambar	Keterangan
1.	Kerusakan Visual		Terdapat bekas las di chasis bagian depan bak kendaraan (riwayat kendaraan pernah patah chasis bagian depan)
2.	Kerusakan Visual		Terdapat karat dan keropos di bagian chasis bawah bak kendaraan
3.	Kerusakan Visual		Terdapat chasis yang sudah tidak lagi berbentuk sejajar permukaan awal chasis (bagian chasis depan bak muatan ke depan kendaraan mengalami bengkok)
4.	Kerusakan Visual		Terdapat karat dibagian depan ujung bak
5.	Kerusakan Visual		Terdapat karat dan keropos di bagian chasis

No.	Jenis Kerusakan	Gambar	Keterangan
6.	Kerusakan Visual		Terdapat karat, keropos, dan sudah ada beberapa mur baut yang terlepas dari ikatan antara chasis dan bak muatan

Dibawah ini merupakan tabel hasil observasi dari kerusakan pegas daun yang didapat pada kendaraan sampel:

Tabel 5. Kerusakan Pegas Daun Suspensi

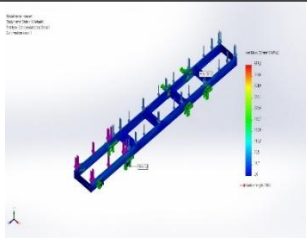
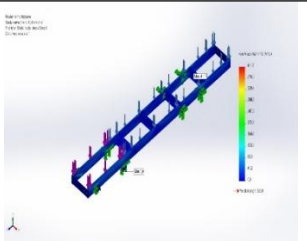
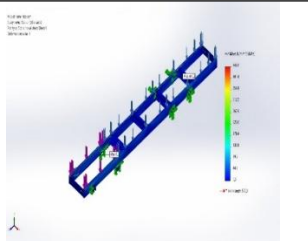
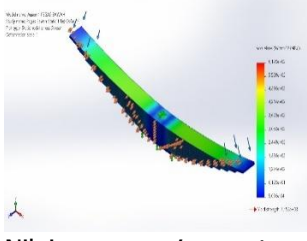
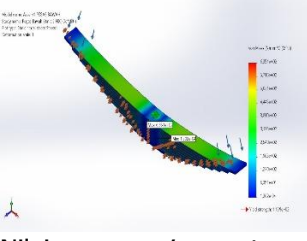
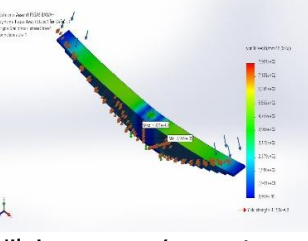
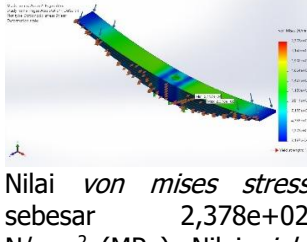
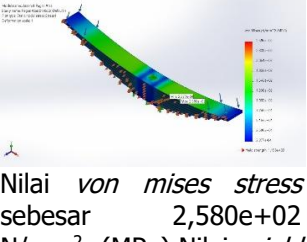
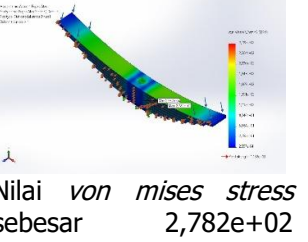
No	Jenis Kerusakan	Gambar	Keterangan
1.	Kerusakan Visual		Mur pengikat pegas daun lepas, pegas daun sudah berkarat dan keropos
2.	Kerusakan Visual		Terdapat pegas daun yang patah
3.	Kerusakan Visual		Pegas daun berkarat
4.	Kerusakan Visual		Mur pengait pegas daun lepas, sudah ada pergantian per pegas daun
5.	Kerusakan Visual		Mur pengait pegas daun lepas, sudah ada karat di pegas daun

Hasil Simulasi Pembebanan Solidworks

1. Hasil Simulasi Tegangan *Von Mises Stress*

Parameter Tegangan *Von Mises Stress* Diukur Pada Penelitian Ini Untuk Mengetahui Kekuatan Dari Material Sasis Dan Pegas Daun Menurut Besarnya Nilai *Yield Strength* Dan *Tensile Strength* Material Sasis Dan Pegas Daun. Dibawah Ini Tabel Hasil Simulasi Tegangan *Von Mises Stress* Untuk Sasis Dan Pegas Daun:

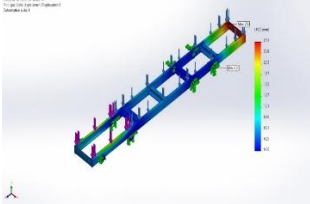
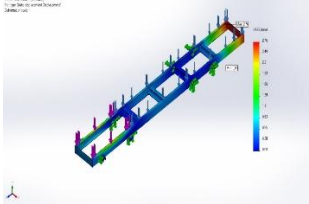
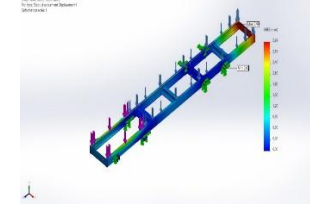
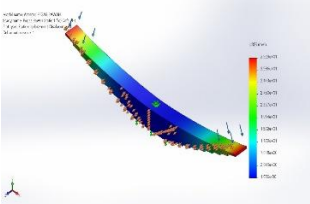
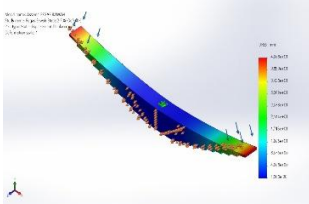
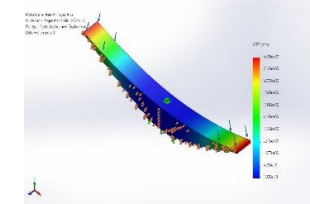
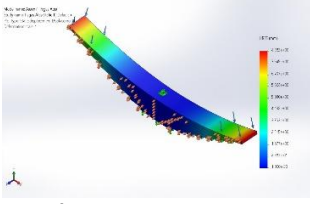
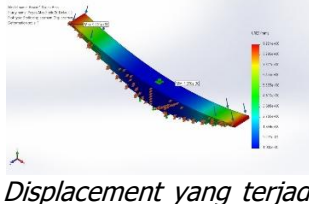
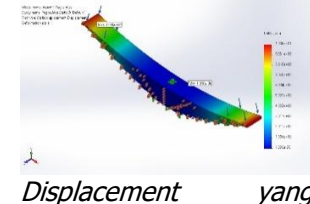
Tabel 6. Simulasi Tegangan *Von Mises Stress*

Komponen Simulasi	Simulasi Beban 10% Melebihi JBI	Simulasi Beban 20% Melebihi JBI	Simulasi Beban 30% Melebihi JBI
Sasis	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 377,3 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> sasis sebesar 530 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 411,7 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> sasis sebesar 530 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 446 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> sasis sebesar 530 N/mm²
Pegas Daun Utama	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 6,120e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 6,351e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 7,931e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²
Pegas Daun Tambahan	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 2,378e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 2,580e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²	 Nilai <i>von mises stress</i> sebesar 2,782e+02 N/mm² (MPa). Nilai <i>yield strength</i> pegas daun sebesar 1,158e+09 N/mm²

2. Hasil Simulasi *Displacement*

Parameter kedua dalam simulasi yang di ukur merupakan parameter *displacement* sebagai variabel pengukur besarnya perubahan posisi objek akibat pemberian beban pada objek simulasi. Berikut ini tabel hasil simulasi *displacement* dari sasis dan pegas daun:

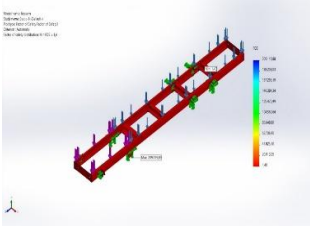
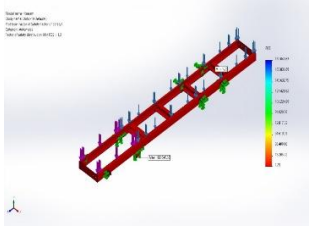
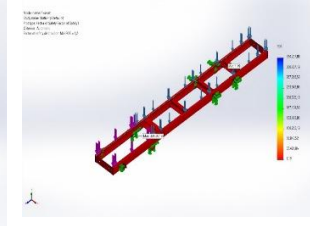
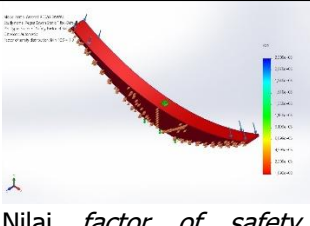
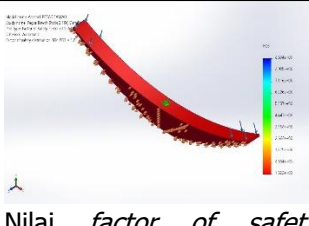
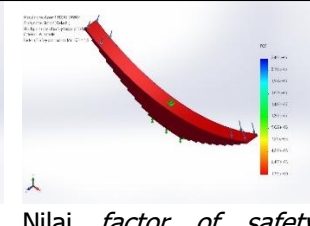
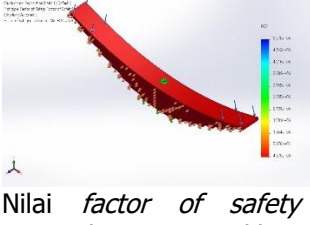
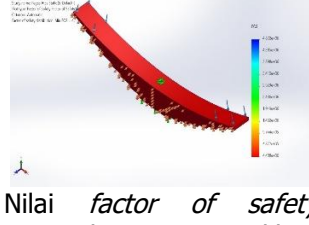
Tabel 7. Simulasi *Displacement*

Komponen Simulasi	Simulasi Beban 10% Melebihi JBI	Simulasi Beban 20% Melebihi JBI	Simulasi Beban 30% Melebihi JBI
Sasis	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 2,53 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 2,76 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 2,99 mm.
Pegas Daun Utama	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 3,9929e+01 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 4,288e+01 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 4,582e+01 mm.
Pegas Daun Tambahan	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 8,383e+00 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 9,221e+00 mm.	 <i>Displacement yang terjadi</i> sebesar 1,006e+01 mm.

3. Hasil Simulasi *Factor Of Safety*

Parameter ketiga dari simulasi yang diukur yaitu parameter *factor of safety*. Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keamanan material mampu menahan beban yang diberikan. Material dapat dikatakan masih aman jika hasil *factor of safety* di atas angka 1. Sedangkan, material dinyatakan gagal jika nilai *factor of safety* berada di bawah angka 1.

Tabel 8. Simulasi *Factor Of Safety*

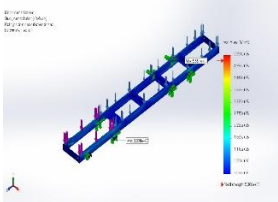
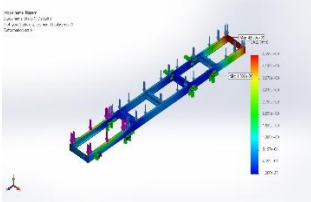
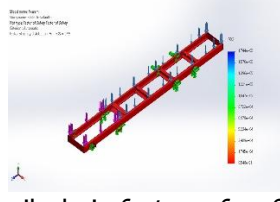
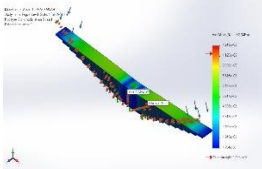
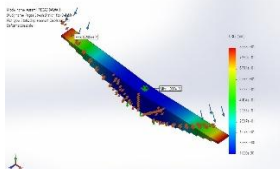
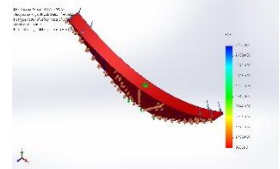
Komponen Simulasi	Simulasi Beban 10% Melebihi JBI	Simulasi Beban 20% Melebihi JBI	Simulasi Beban 30% Melebihi JBI
Sasis	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,40. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,29. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,19. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.
Pegas Daun Utama	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,892. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,823e+00. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 1,793e+00. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.
Pegas Daun Tambahan	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 4,870e+00. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 4,488e+00. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.	 Nilai <i>factor of safety</i> minimal menunjukkan angka 4,162e+00. Nilai <i>factor of safety</i> berada di atas angka 1 sehingga material masih aman.

Hasil simulasi pembebanan sasis dan pegas daun jika dikaitkan dengan regulasi Surat Dirjen Hubdat Nomor AJ.005/1/3DRJD/2021 mengenai toleransi kelebihan muatan kendaraan angkutan barang terbaru pada tahun 2023 sebesar 5% dari JBI kendaraan, jika dibandingkan dengan hasil simulasi pembebanan yang menunjukkan kondisi material yang masih aman di beban terbesar 30%, maka aturan regulasi terkait toleransi kelebihan muatan kendaraan angkutan barang dikatakan sudah memperhatikan faktor keselamatan teknis kendaraan.

Simulasi Pembebanan Hingga Material Kondisi Gagal

Pada kasus material mengalami patah, parameter pembanding yang digunakan dalam simulasi tegangan berupa nilai *tensile strength* material atau *yield strength*. Jika hasil *von misses stress* > nilai *tensile strength* material atau jika hasil *von misses stress* > nilai *yield strength* material maka material tersebut dikatakan dalam kondisi gagal atau patah. Parameter lain yang menjadi syarat material mengalami patah adalah *factor of safety* dengan hasil simulasi nilai *factor of safety* dibawah angka 1 maka material dikategorikan mengalami kegagalan. Hasil uji coba simulasi mendapatkan beban lebih dari 55% sasis mengalami patah dan beban lebih dari 150,7% pegas daun mengalami patah.

Tabel 9. Simulasi *Factor Of Safety*

Simulasi	Tegangan <i>Von Misses Stress</i>	<i>Displacement</i>	<i>Factor Of Safety</i>
Sasis Beban 55% Melebihi JBI	 Nilai maksimal tegangan sebesar $5,551e+08 \text{ N/m}^2$. Besar nilai maksimal tegangan <i>von misses stress</i> chasis melebihi nilai <i>yield strength</i> chasis sebesar $5,3e+08 \text{ N/m}^2$	 Nilai <i>displacement</i> maksimal terjadi sebesar $4,599e+00 \text{ mm}$.	 Hasil dari <i>factor of safety</i> disamping diketahui memiliki kemampuan maksimal tingkat aman material sebesar $9,548e-01$ atau di bawah 1
Pegas Daun	 Nilai maksimal <i>factor of safety</i> sebesar $1,249e+03 \text{ N/mm}^2$ (MPa). Nilai maksimal tegangan ini masih dibawah <i>yield strength</i> yang sebesar $1,158e+09$.	 Nilai <i>displacement</i> maksimal pegas daun terjadi sebesar $8,388e+01 \text{ mm}$.	 Hasil dari <i>factor of safety</i> disamping diketahui memiliki kemampuan maksimal tingkat aman material sebesar $9,268e-01$ atau di bawah 1

Simulasi pembebanan menggunakan metode Finite Element Analysis pada SolidWorks menunjukkan bahwa peningkatan beban sebesar 10%, 20%, dan 30% di atas JBI secara konsisten meningkatkan nilai tegangan von Mises dan displacement pada sasis serta sistem suspensi kendaraan. Pada sasis, kenaikan tegangan yang semakin mendekati batas elastis material mengindikasikan berkurangnya margin keamanan struktural seiring bertambahnya beban. Kondisi serupa juga terjadi pada

pegas daun, yang meskipun memiliki kapasitas material lebih tinggi, menunjukkan respons deformasi yang signifikan akibat perannya sebagai komponen utama penopang dan peredam beban (Anand Kumar Pandey & Nikhil Bajpai, 2024; Edan & Al-Ezzi, 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa pembebanan berlebih, meskipun masih berada dalam batas elastis material, berpotensi mempercepat kelelahan material dan degradasi struktural kendaraan dalam jangka panjang.

Penurunan nilai factor of safety pada seluruh komponen seiring meningkatnya beban mempertegas bahwa praktik ODOL secara bertahap mengurangi tingkat keamanan teknis kendaraan. Hasil simulasi hingga kondisi gagal menunjukkan bahwa sasis mengalami kegagalan material pada pembebanan sekitar 55% di atas JBI, sedangkan pegas daun baru mengalami kegagalan pada pembebanan yang jauh lebih tinggi, yaitu sekitar 150,7% di atas JBI. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa sasis merupakan komponen paling kritis terhadap kondisi ODOL dan berpotensi menjadi titik awal kegagalan struktural kendaraan. Secara keseluruhan, hasil simulasi ini memberikan bukti teknis bahwa kendaraan ODOL tidak hanya berdampak pada infrastruktur jalan, tetapi juga secara langsung menurunkan ketahanan dan keselamatan struktural kendaraan, sehingga memperkuat urgensi penegakan regulasi dan implementasi program Zero ODOL secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Penggunaan kendaraan angkutan barang dengan beban dan dimensi berlebih secara nyata memengaruhi ketahanan struktural kendaraan, khususnya pada sasis dan sistem suspensi. Hasil simulasi dan observasi lapangan menunjukkan bahwa pembebanan berlebih meningkatkan tegangan dan deformasi yang terjadi pada kedua komponen tersebut, sehingga secara bertahap mengurangi tingkat keamanan material. Temuan simulasi hingga kondisi gagal memperlihatkan bahwa sasis merupakan komponen yang paling rentan, dengan kegagalan material terjadi pada pembebanan sekitar 55% di atas JBI, sementara pegas daun masih mampu menahan beban hingga sekitar 150,7% dari JBI sebelum mengalami kegagalan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa praktik ODOL berpotensi memicu kegagalan struktural kendaraan lebih awal pada sasis, yang berdampak langsung pada keselamatan operasional dan peningkatan biaya perawatan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa permasalahan ODOL tidak hanya berkaitan dengan kerusakan infrastruktur jalan, tetapi juga menyentuh aspek keselamatan dan keandalan teknis kendaraan itu sendiri. Penegakan regulasi batas beban dan dimensi kendaraan menjadi sangat penting untuk menjaga umur layanan komponen kendaraan dan meminimalkan risiko kecelakaan. Untuk pengembangan ke depan, penelitian lanjutan disarankan melibatkan sampel kendaraan yang lebih beragam, termasuk variasi konfigurasi sumbu, jenis material, serta kondisi pembebanan dinamis dan karakteristik jalan. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai dampak ODOL serta menjadi landasan yang lebih kuat dalam penyusunan kebijakan transportasi jalan yang aman, adil, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand Kumar Pandey, & Nikhil Bajpai. (2024). Designed and Analysed of Three Distinct Composite Material-Based Mono Leaf Spring using ANSYS. *International Journal of Scientific Research in Mechanical and Materials Engineering*, 8(2). <https://doi.org/10.32628/ijrmme24822>
- Angelo, A. A., Sasai, K., & Kaito, K. (2023). Safety Integrated Network Level Pavement Maintenance Decision Support Framework as a Practical Solution in Developing Countries: The Case of Addis Ababa, Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118884>
- Candra Susanto, P., Ulfah Arini, D., Yuntina, L., Panatap Soehaditama, J., & Nuraeni, N. (2024). Konsep Penelitian Kuantitatif: Populasi, Sampel, dan Analisis Data (Sebuah Tinjauan Pustaka). *Jurnal Ilmu Multidisplin*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.38035/jim.v3i1.504>
- Chen, Q., Bai, X. X. F., Zhu, A. D., Wu, D., Deng, X. C., & Li, Z. D. (2021). Influence of balanced suspension on handling stability and ride comfort of off-road vehicle. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 235(6). <https://doi.org/10.1177/0954407020976197>
- Chu, X., Cui, W., Xu, S., Zhao, L., Guan, H., & Ge, Y. (2023). Multiscale Time Series Decomposition for Structural Dynamic Properties: Long-Term Trend and Ambient Interference. *Structural Control and Health Monitoring*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6485040>
- Edan, E., & Al-Ezzi, A. S. (2025). Optimization and analysis of Sic reinforced copolymer blend composite structural springs. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 239(5). <https://doi.org/10.1177/09544089231217925>
- Gunawan, T. R., Kurniawan, A., & Fauzi, M. (2023). Analisis Pengaruh Kendaraan Over Dimensi Dan Over Loading (Studi Literatur). *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 3(1), 2023–2112.
- Hasan, H. (2022). Pengembangan Sistem Informasi Dokumentasi Terpusat Pada STMIK Tidore Mandiri. *Jurasik (Jurnal Sistem Informasi Dan Komputer)*, 2(1), 23–29.
- Jia, F., Jing, H., Liu, Z., & Gu, M. (2022). Cooperative control of yaw and roll motion for in-wheel motor vehicle with semi-active suspension. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 236(1). <https://doi.org/10.1177/09544070211020827>
- Jia, J., Zhang, X., Zheng, L., & Zhang, Z. (2022). Event-triggered fuzzy control for vehicle nonlinear suspension systems with time delay. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 236(10). <https://doi.org/10.1177/09596518221112553>
- Le, N. D., Tran, D., Harper, C. M., & Sturgill, R. E. (2025). Exploring Inspection Technologies for Highway Infrastructure During Construction and Asset Management. *Transportation Research Record*, 2679(2). <https://doi.org/10.1177/03611981241260690>
- Nguyen, X. N., Tran, V. N., Vu, V. T., & Dang, T. P. (2024). Active Suspension with PID Control for Enhanced Rollover Stability in Liquid Tank Trucks. *Journal European Des Systemes Automatises*, 57(1). <https://doi.org/10.18280/jesa.570105>
- Nicholas Rachmanata. (2022). Tanggung Jawab Pelaku Usaha Sebagai Pengangkut Barang. *Jurnal Hukum Adigama*, 5, 320–339.

- Sari, N. (2016). Kepuasan wisatawan terhadap wisata kuliner di objek wisata pantai indah selatbaru kecamatan bantan kabupaten bengkalis. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3(2), 1–13.
- Siti Romdona, Silvia Senja Junista, A. G. (2025). *TEKNIK PENGUMPULAN DATA: OBSERVASI, WAWANCARA DAN KUESIONER*. 3, 39–47.
- Syahrizal, H., & Jailani, M. S. (2023). Jenis-Jenis Penelitian Dalam Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal QOSIM Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, 1(1), 13–23. <https://doi.org/10.61104/jq.v1i1.49>
- Yuan, W., Wu, X., Wang, Y., Liu, Z., & Zhou, P. (2023). Time-Dependent Seismic Reliability of Coastal Bridge Piers Subjected to Nonuniform Corrosion. *Materials*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/ma16031029>
- Zamzam, O., Ramzy, A. A., Abdelaziz, M., Elnady, T., & El-Wahab, A. A. A. (2025). Structural performance evaluation of electric vehicle chassis under static and dynamic loads. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86924-w>