

Analisis Tegangan Dan Defleksi Pada Shock Absorber Belakang Tipe Tabung Dan Non Tabung Pada Motor Honda Beat-FI Menggunakan Software Solidworks

Stress and Deflection Analysis of Rear Shock Absorbers of Tubular and Non-Tubular Types on Honda Beat-FI Motorcycles Using SolidWorks Software

Ihsanul Qudsi¹ Riza Muharni *¹, Jana Hafiza¹, Kaidir²

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Sumatera Barat, Indonesia

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bung Hatta, Sumatera Barat, Indonesia

Info Artikel

Diserahkan:
13 April 2026
Direvisi:
28 April 2026
Diterima:
29 April 2026
Diterbitkan :
30 April 2026

ABSTRAK

Shock absorber belakang merupakan komponen penting dalam sistem suspensi sepeda motor yang berfungsi untuk meredam getaran dan menjaga kestabilan kendaraan. Kegagalan struktural pada komponen ini dapat terjadi apabila tegangan dan defleksi yang timbul melebihi batas yang diizinkan oleh material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karakteristik tegangan dan defleksi pada shock absorber belakang model tabung dan non tabung yang digunakan pada sepeda motor Honda Beat FI. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM) melalui perangkat lunak SolidWorks Simulation. Model tiga dimensi dari kedua desain shock absorber dikembangkan dan diberi pembebanan statik sebesar 800 N yang merepresentasikan kondisi operasi normal. Sifat material diasumsikan homogen dan isotropik. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi tegangan Von Mises, regangan, perpindahan total (displacement), serta faktor keamanan guna menilai performa struktural. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan Von Mises maksimum terjadi pada area dudukan bawah pada kedua desain. Shock absorber model tabung menghasilkan tegangan maksimum sebesar 465,78 MPa dan displacement maksimum sebesar 1,6951 mm, sedangkan shock absorber model non tabung menghasilkan tegangan maksimum sebesar 448,19 MPa dengan displacement sebesar 1,7983 mm. Analisis perbandingan menunjukkan bahwa shock absorber model tabung memiliki defleksi yang lebih rendah dan respons struktur yang lebih stabil dibandingkan desain non tabung. Kedua model masih berada dalam batas aman pengoperasian, namun area dudukan bawah diidentifikasi sebagai bagian paling kritis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam optimalisasi dan pengembangan sistem suspensi sepeda motor dengan keandalan struktural yang lebih baik.

Kata Kunci : shock absorber, tegangan Von Mises, defleksi, metode elemen hingga, SolidWorks Simulation.

ABSTRACT

The rear shock absorber is a critical component in motorcycle suspension systems, functioning to reduce vibrations and maintain vehicle stability. Structural failure of this component may occur when excessive stress and deflection exceed the material's allowable limits. This study aims to analyze and compare the stress and deflection characteristics of tube-type and non-tube-type rear shock absorbers used in the Honda Beat FI motorcycle. The analysis was conducted using the Finite Element Method (FEM) through SolidWorks Simulation. Three-dimensional models of both shock absorber designs were developed and subjected to a static load of 800 N, representing normal operating conditions. The material properties were assumed to be homogeneous and isotropic. The simulation evaluated Von Mises stress, strain, total displacement, and factor of safety to assess structural performance. The results indicate that the maximum Von Mises stress occurred at the lower mounting region for both designs. The tube-type shock absorber exhibited a maximum stress of 465.78 MPa and a maximum displacement of 1.6951 mm, whereas the non-tube-type shock absorber showed a maximum stress of 448.19 MPa and a displacement of 1.7983 mm. Comparative analysis reveals that the tube-type shock absorber demonstrates lower deflection and a more stable structural response compared to the non-tube-type design. Both models remain within safe operating limits; however, the lower mounting region is identified as the most critical area. The findings of this study provide valuable insights for the optimization and development of motorcycle suspension systems with improved structural reliability.

Keywords : shock absorber, Von Mises stress, deflection, finite element method, SolidWorks Simulation.

Corresponding author email: rizamuharni12@gmail.com



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

1. PENDAHULUAN (10 PT)

Shock absorber merupakan salah satu komponen utama dalam sistem suspensi sepeda motor yang berfungsi meredam getaran serta gaya kejut akibat ketidakrataan permukaan jalan[1]. Peran *shock absorber* sangat penting dalam menjaga kenyamanan pengendara, kestabilan kendaraan, serta meningkatkan keselamatan saat berkendara[2]. Pada sepeda motor jenis skuter matik seperti Honda Beat FI, *shock absorber* belakang menerima beban yang cukup besar dari berat kendaraan, pengendara, maupun kondisi jalan yang bervariasi, sehingga komponen ini harus memiliki kekuatan struktur yang memadai[3].

Dalam penggunaannya, *shock absorber* belakang tersedia dalam beberapa tipe konstruksi, diantaranya model tabung (*twin tube*) dan model non tabung (*mono tube*)[4]. Perbedaan desain tersebut memengaruhi karakteristik mekanik, distribusi beban, serta kemampuan komponen dalam menahan tegangan dan deformasi[5]. Tegangan yang tinggi dan defleksi berlebih pada *shock absorber* dapat menyebabkan penurunan performa suspensi, deformasi permanen, hingga potensi kegagalan material apabila melampaui batas luluhnya[6].

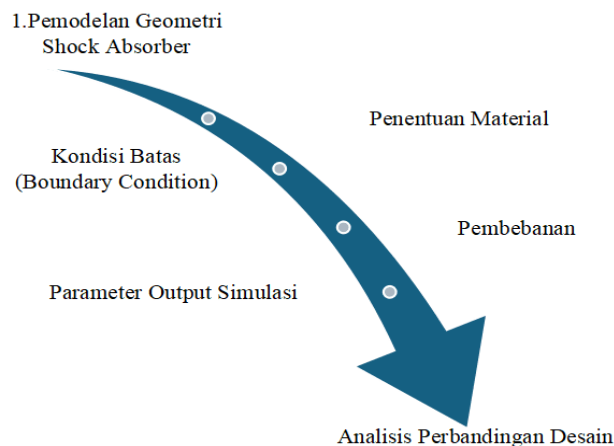
Seiring berkembangnya teknologi rekayasa, metode analisis numerik seperti Finite Element Analysis (FEA) banyak digunakan untuk mengevaluasi kekuatan komponen otomotif secara efisien[7]. Salah satu perangkat lunak yang mendukung analisis ini adalah *SolidWorks Simulation*, yang mampu memprediksi distribusi tegangan Von Mises, defleksi total, serta faktor keamanan suatu struktur sebelum dilakukan pengujian eksperimental[8]. Pendekatan simulasi ini dinilai efektif untuk menghemat biaya dan waktu dalam proses evaluasi desain[9].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas analisis struktur pada komponen suspensi, namun kajian yang secara spesifik membandingkan tegangan dan defleksi *shock absorber* belakang model tabung dan non tabung pada motor Honda Beat FI masih terbatas[10]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis serta membandingkan respon tegangan dan defleksi pada kedua desain *shock absorber* menggunakan *SolidWorks Simulation* dengan pembebanan statik[11]

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik berbasis *Finite Element Method* (FEM) untuk menganalisis perilaku mekanik *shock absorber* belakang pada motor Honda Beat FI[12]. Analisis dilakukan dengan membandingkan dua desain *shock absorber*, yaitu model tabung (*tube-type/twin tube*) dan model non tabung (*non tube-type/mono tube*) pada kondisi pembebanan yang sama[13].

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks Simulation* untuk memperoleh distribusi tegangan Von Mises, regangan (*strain*), defleksi (*displacement*), serta faktor keamanan (*factor of safety*) pada kedua desain[14]. Langkah Langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu:



Gbr 1. Flowchart Penelitian

2.1. Pemodelan Geometri *Shock Absorber*

Tahap awal penelitian dilakukan dengan membuat model tiga dimensi (3D) *shock absorber* menggunakan *SolidWorks CAD*. Dua variasi desain dibuat, yaitu:

- 1) *Shock absorber* model tabung, yang memiliki tabung tambahan (*reservoir* eksternal).
- 2) *Shock absorber* model non tabung, yang hanya terdiri dari satu tabung utama tanpa *reservoir* tambahan.

Kedua model dirancang dengan dimensi keseluruhan yang serupa agar perbandingan hasil simulasi dapat dilakukan secara objektif [15].

2.2. Penentuan Material

Material komponen *shock absorber* diasumsikan homogen dan isotropik. Properti material ditentukan berdasarkan database material pada *SolidWorks* [16]. Tabung utama dan dudukan *shock absorber* menggunakan material baja paduan (*alloy steel*), sedangkan pegas menggunakan *spring steel* [17]. Parameter material yang

digunakan dalam simulasi meliputi : Modulus elastisitas (E), *Rasio Poisson* (ν), Massa jenis (ρ), dan Tegangan luluh (*yield strength*, σ).

2.3. Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Kondisi pemasangan *shock absorber* pada sepeda motor, diberikan kondisi batas sebagai berikut:

- 1) Bagian dudukan atas *shock absorber* ditetapkan sebagai tumpuan tetap (*fixed geometry*).
- 2) Bagian dudukan bawah *shock absorber* diberikan gaya pembebanan vertikal.
- 3) Kondisi ini menggambarkan *shock absorber* yang terpasang pada rangka motor dan menerima beban dari lengan ayun (*swing arm*) [18].

2.4. Pembebanan

Pembebanan dilakukan secara statik dengan gaya tekan vertikal sebesar 800 N yang diberikan pada bagian bawah *shock absorber*. Beban ini dianggap mewakili beban kerja suspensi belakang akibat berat kendaraan dan pengendara dalam kondisi operasi normal. Arah gaya diberikan sejajar dengan sumbu utama *shock absorber* sebagaimana ditunjukkan pada gambar hasil simulasi.

2.5. Proses Meshing

Model *shock absorber* didiskritisasi menjadi elemen-elemen kecil menggunakan fitur meshing pada *SolidWorks Simulation*. Metode mesh yang digunakan adalah *curvature-based mesh* untuk memperoleh ketelitian lebih baik pada area kritis, seperti:

- 1) Dudukan bawah *shock absorber*
- 2) *Seat* pegas bagian bawah
- 3) Area transisi sambungan tabung

2.6. Parameter Output Simulasi

Simulasi dilakukan dengan studi statik linear pada kedua desain *shock absorber* [19]. Parameter hasil yang dianalisis meliputi:

- 1) Tegangan maksimum *Von Mises* (MPa)
- 2) Regangan maksimum (*strain*) (mm/mm)
- 3) Defleksi maksimum (*displacement*) (mm)
- 4) Faktor keamanan (*Factor of Safety*)

2.7. Analisis Perbandingan Desain

Hasil simulasi dari *shock absorber* model tabung dan non tabung dibandingkan berdasarkan nilai maksimum tegangan, regangan, defleksi, dan distribusi faktor keamanan [20]. Desain dengan tegangan dan defleksi lebih rendah serta faktor keamanan lebih tinggi dianggap memiliki performa struktural yang lebih optimal untuk digunakan pada suspensi belakang motor Honda Beat FI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Von Mises Stress Analysis

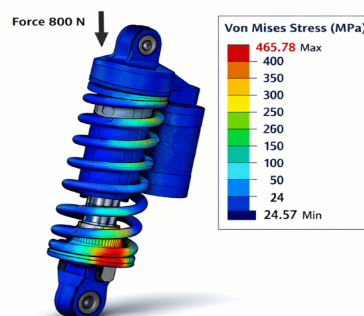
Analisis tegangan dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan maksimum yang terjadi pada *shock absorber* belakang motor Honda Beat FI pada kondisi pembebanan statik sebesar 800 N. Tegangan dievaluasi menggunakan kriteria *Von Mises* karena metode ini umum digunakan untuk memprediksi kegagalan pada material daktail.

Secara teoritis, tegangan *Von Mises* dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\sigma_{vm} = \frac{\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}}{2} \quad (1)$$

Dimana $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ merupakan tegangan utama yang bekerja pada struktur.

3.1.1. Tube-Type Shock Absorber



Gbr 2. Von Mises Stress Tube-Type Shock Absorber

Pada **Gbr 2**, dapat dilihat bahwa distribusi tegangan *Von Mises* pada desain *shock absorber* tabung menunjukkan hasil simulasi dimana tegangan maksimum terjadi pada bagian dudukan bawah dan seat pegas, yang merupakan area dengan konsentrasi gaya tekan terbesar.

Nilai tegangan yang diperoleh adalah:

Tegangan maksimum:

$$\max(\text{tabung}) = 465.78 \text{ MPa}$$

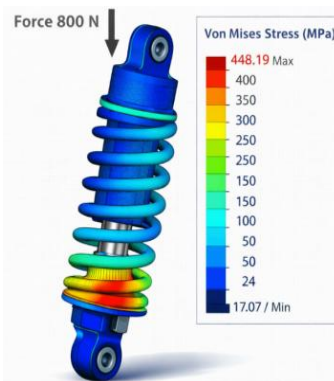
Tegangan minimum:

$$\min(\text{tabung}) = 24.57 \text{ MPa}$$

Tegangan tinggi pada dudukan bawah disebabkan oleh perubahan geometri dan adanya konsentrasi beban pada area sambungan.

3.1.2. *Non Tube-Type Shock Absorber*

Distribusi tegangan *Von Mises* pada desain non tabung dapat dilihat pada **Gbr 3**.



Gbr 3. Von Mises Stress Non Tube-Type *Shock Absorber*

Tegangan maksimum juga terjadi pada dudukan bawah, namun dengan nilai yang berbeda akibat konstruksi mono tube yang lebih sederhana.

Nilai tegangan yang diperoleh adalah:

Tegangan maksimum:

$$\max(\text{non - tabung}) = 448.19 \text{ MPa}$$

Tegangan minimum:

$$\min(\text{non - tabung}) = 17.07 \text{ MPa}$$

Perbedaan ini menunjukkan bahwa desain non tabung mengalami tegangan maksimum sedikit lebih rendah dibandingkan desain tabung pada kondisi pembebanan yang sama.

3.1.3. *Stress Comparison*

Selisih tegangan maksimum antara kedua desain dihitung dengan:

$$\Delta\sigma = \text{tabung} - \text{nontabung} \quad (2)$$

$$\Delta\sigma = 465.78 - 448.19 = 17.59 \text{ MPa}$$

Persentase perbedaan:

$$\% = 17.59 / 465.78 \times 100\% = 3.77\%$$

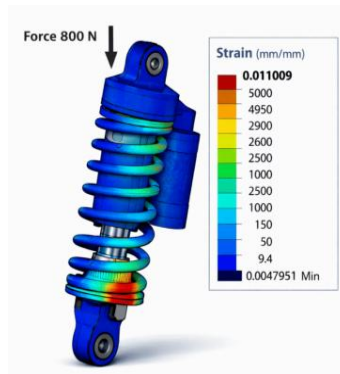
Hasil ini menunjukkan bahwa desain tabung menghasilkan tegangan maksimum sekitar 3.77% lebih tinggi dibandingkan desain non tabung.

3.2. *Strain Distribution Analysis*

Regangan digunakan untuk mengetahui tingkat deformasi elastis pada struktur *shock absorber*. Regangan dapat dilihat pada hasil simulasi.

3.2.1. *Tube-Type Shock Absorber*

Distribusi strain pada desain tabung dapat dilihat pada **Gbr 4**.



Gbr 4. Strain Tube-Type *Shock Absorber*

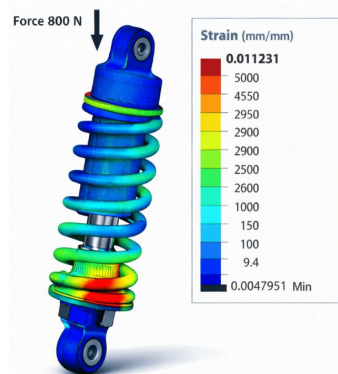
Nilai strain maksimum yang diperoleh berdasarkan **Gbr 4** diatas adalah:

$$\max(\text{tabung}) = 0.011009 \text{ mm/mm}$$

Regangan terbesar terjadi pada bagian bawah *shock absorber* yang menerima deformasi paling tinggi akibat gaya tekan.

3.2.2. *Non Tube-Type Shock Absorber*

Distribusi strain pada desain non tabung dapat dilihat pada **Gbr 5**.



Gbr 5. Strain Non Tube-Type *Shock Absorber*

Nilai *strain* maksimum adalah:

$$\max(\text{non - tabung}) = 0.011231 \text{ mm/mm}$$

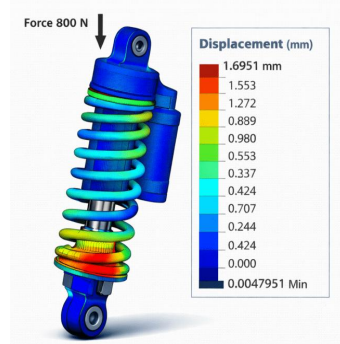
Nilai strain desain non tabung sedikit lebih besar dibandingkan desain tabung, menunjukkan deformasi elastis yang lebih tinggi pada struktur mono tube.

3.3. *Displacement (Deflection) Analysis*

Defleksi total menunjukkan perubahan bentuk maksimum yang terjadi akibat pembebanan.

3.3.1. *Tube-Type Shock Absorber*

Hasil displacement desain tabung dapat dilihat pada **Gbr 6** dengan nilai maksimum:

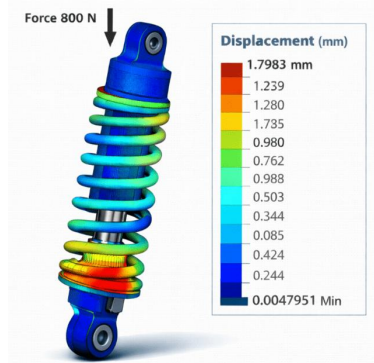


Gbr 6. Displacement Tube-Type *Shock Absorber*

Defleksi maksimum terjadi pada bagian bawah *shock absorber* karena beban tekan terpusat pada area tersebut dengan nilai defleksi sebesar 1.6951 mm.

3.3.2. Non Tube-Type Shock Absorber

Hasil displacement desain non tabung dapat dilihat pada **Gbr 7** dengan nilai maksimum:



Gbr 7. Displacement Non Tube-Type Shock Absorber

Defleksi desain non tabung lebih besar dibandingkan tabung, yang menunjukkan bahwa struktur mono tube lebih fleksibel terhadap beban yang sama dengan nilai tertinggi defleksi sebesar 1.7983 mm.

3.3.3. Deflection Comparison

Selisih displacement maksimum dihitung:

$$\Delta\delta = 1.7983 - 1.6951 = 0.1032 \text{ mm}$$

Persentase perbedaan:

$$\% = 0.1032 / 1.6951 \times 100\% = 6.08\%$$

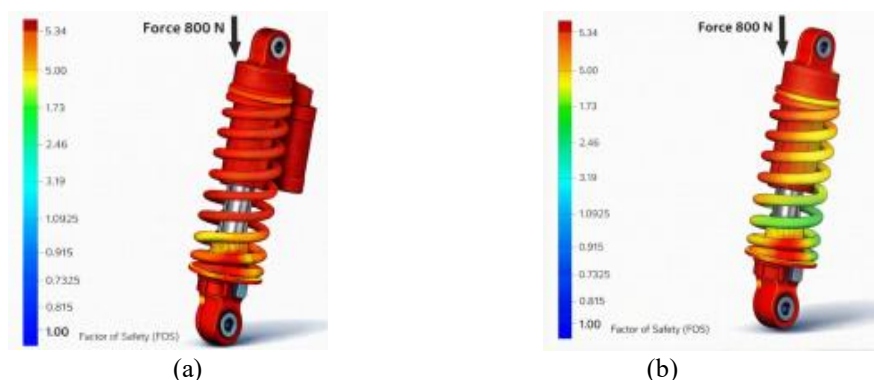
Sehingga displacement desain non tabung sekitar 6.08% lebih besar dibandingkan desain tabung.

Berdasarkan hasil simulasi, regangan maksimum pada *shock absorber* model tabung sebesar 0.011009 mm/mm dengan *displacement* maksimum 1.6951 mm. Sementara itu, desain non tabung menunjukkan regangan maksimum sebesar 0.011231 mm/mm dengan *displacement* 1.7983 mm. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa desain non tabung mengalami regangan sekitar 2.02% lebih besar dibandingkan desain tabung, yang mengindikasikan deformasi elastis yang lebih tinggi pada struktur mono tube.

3.4. Factor of Safety Evaluation

Faktor keamanan digunakan untuk mengevaluasi kemampuan struktur menahan beban sebelum mencapai batas luluh material. Faktor keamanan dirumuskan sebagai:

$$FOS = \sigma_y / \sigma_{vm}$$



Gbr 8. FOS (a) Tube-Type Shock Absorber (b) Non Tube-Type Shock Absorber

Distribusi faktor keamanan untuk desain tabung dapat dilihat pada **Gbr 8a**, sedangkan desain non tabung ditunjukkan pada **Gbr 8b**. Zona kritis pada kedua desain berada pada kedudukan bawah dengan nilai minimum mendekati 1.00, yang berarti area tersebut merupakan titik paling rentan terhadap kegagalan.

Secara umum, desain tabung menunjukkan distribusi faktor keamanan yang lebih merata dibanding desain non tabung, sehingga lebih stabil dalam menahan beban kerja. Hasil simulasi kedua desain ditunjukkan pada **Tabel 1**:

Tabel 1. Hasil Simulasi *Shock Absorber* Tipe Tabung dan Non-Tabung

Parameter	Tube-Type	Non Tube-Type
Max Von Mises Stress (MPa)	465.78	448.19
Max Strain (mm/mm)	0.011009	0.011231
Max Displacement (mm)	1.6951	1.7983
Critical Area	Bottom mount	Bottom mount

Pada **Tabel 1** dapat dilihat bahwa untuk nilai max von mises stress non tube type bernilai 448,19 lebih kecil nilainya dibandingkan tube type yang bernilai 465,78. Lain halnya dengan max strain dimana non tube type memiliki nilai 0,011231 lebih besar dibandingkan tube type yaitu 0,011009 begitu juga untuk max displacementnya non tube type 1,7983 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan tube type 1,6951. Hal ini menunjukkan bahwa desain type tabung menghasilkan tegangan maksimum sedikit lebih tinggi dibandingkan desain non tabung. Namun demikian, desain non tabung justru menunjukkan defleksi dan regangan yang lebih besar. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa desain tabung memiliki kekakuan struktural yang lebih tinggi, yang memungkinkan distribusi beban lebih efektif sehingga deformasi yang terjadi relatif lebih kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, tegangan maksimum pada kedua desain *shock absorber* terkonsentrasi pada dudukan bawah, yang merupakan titik transfer utama gaya dari lengan ayun ke struktur suspensi. Kondisi ini terjadi karena dudukan bawah menerima gaya tekan terbesar serta mengalami konsentrasi tegangan akibat perubahan geometri, khususnya pada daerah transisi antara penampang silinder dan lubang dudukan. Fenomena konsentrasi tegangan pada area sambungan ini sejalan dengan teori mekanika material, di mana diskontinuitas geometri berperan signifikan dalam meningkatkan nilai tegangan lokal.

Hasil perbandingan menunjukkan desain tabung menghasilkan tegangan maksimum sedikit lebih tinggi dibandingkan desain non tabung. Namun demikian, desain non tabung justru menunjukkan defleksi dan regangan yang lebih besar. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa desain tabung memiliki kekakuan struktural yang lebih tinggi, yang memungkinkan distribusi beban lebih efektif sehingga deformasi yang terjadi relatif lebih kecil. Sebaliknya, desain non tabung yang memiliki konstruksi lebih sederhana dan hanya mengandalkan satu tabung utama cenderung menerima beban secara langsung, sehingga menghasilkan deformasi elastis yang lebih besar meskipun nilai tegangan maksimum tidak jauh berbeda.

Dari sudut pandang performa struktural, hasil ini menunjukkan adanya trade-off antara kekakuan dan fleksibilitas. Struktur yang lebih kaku, seperti pada desain tabung, mampu membatasi defleksi dan regangan, yang berpotensi meningkatkan stabilitas dan umur pakai komponen. Sementara itu, desain non tabung yang lebih fleksibel dapat memberikan respons redaman yang lebih besar, tetapi dengan konsekuensi meningkatnya displacement dan regangan pada area kritis.

Evaluasi faktor keamanan menunjukkan bahwa kedua desain masih berada dalam batas aman terhadap tegangan luluh material, dengan nilai minimum faktor keamanan berada di sekitar dudukan bawah. Meskipun demikian, area ini tetap menjadi zona kritis yang berpotensi mengalami kelelahan material dalam kondisi pembebanan berulang. Untuk pengembangan desain selanjutnya perlu difokuskan pada optimalisasi dudukan bawah, misalnya melalui penambahan fillet radius, peningkatan ketebalan lokal, atau pemilihan material dengan kekuatan luluh yang lebih tinggi, guna meningkatkan keandalan struktural *shock absorber* secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Setiyorini, S. Pintowantoro, A. Rahmat, and F. Ardian, "The finite element analysis and the optimization design of shock absorber based on ANSYS," presented at the The 4TH International Conference on Materials and Metallurgical Engineering and Technology (ICOMET) 2020, Surabaya, Indonesia, 2021, p. 060001. doi: 10.1063/5.0073386.
- [2] K. Venkata Siva Prasad, V. Nagasai, J. Sai Sri Laxman, K. V. Ahalya Kumar, and P. S. Rama Sreekanth, "Stainless steel wave spring as vibration absorber for motorcycle: Design simulation and analysis," *Mater. Today Proc.*, vol. 56, pp. 1056–1062, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.289.
- [3] N. O. T. Simanjuntak, Z. M. T. Htoo, and M. Singh, "Finite element analysis of electric motorcycle frame using SolidWorks: A comparative study of circular tube and square tube," *J. Eng. Res. Lect.*, vol. 2, no. 2, pp. 50–55, Jul. 2023, doi: 10.58712/jerel.v2i2.46.
- [4] C. Dineshkumar, A. S. Selvakumar, Sriram, T. R. Tamilarasan, S. J. Muthiya, and I. J. Lalvani J, "Advanced material investigation for enhancing two-wheeler suspension performance using ANSYS optimization," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J. Automob. Eng.*, p. 09544070251354991, Aug. 2025, doi: 10.1177/09544070251354991.
- [5] "Shape Optimization of a TwO Wheeler Suspension With Different Cross Section," *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.*, pp. 1–5, Dec. 2020, doi: 10.48047/IJARST/V10/112/01.

- [6] N. Ankitha and M. R. S. Rupa Sri, "Design and Analysis of Shock Absorber," in *Recent Trends in Mechanical Engineering*, G. S. V. L. Narasimham, A. V. Babu, S. S. Reddy, and R. Dhanasekaran, Eds., in *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Singapore: Springer Singapore, 2021, pp. 433–444. doi: 10.1007/978-981-15-7557-0_38.
- [7] "Review on Analysis of Helical Spring used in Rear Suspension of Various Motorbikes," *Int. J. Mod. Stud. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.20431/2454-9711.0502001.
- [8] L. Karthick, J. Stephen Leon, R. Ravi, J. Michel, N. Mallireddy, and L. Vadivukarasi, "Modelling and analysis of an EN8 crankshaft in comparison with AISI 4130 crankshaft material," *Mater. Today Proc.*, vol. 52, pp. 1036–1040, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.10.484.
- [9] D. Bhuyan and K. Kumar, "Design and Analysis of Base Valve of Twin Tube Dampers," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 852, pp. 504–510, Sep. 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.852.504.
- [10] A. Vahora, H. Barot, J. Barot, and D. Dobariya, "A Comprehensive Study of Cardon Shaft Using Modal Analysis," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 8, pp. 893–897, Aug. 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.46259.
- [11] S. Muharni, F. Aryani, and M. Mizanni, "Gambaran Tenaga Kefarmasian Dalam Memberikan Informasi Kepada Pelaku Swamedikasi di Apotek-Apotek Kecamatan Tampan, Pekanbaru," *J. Sains Farm. Klin.*, vol. 2, no. 1, p. 47, Dec. 2015, doi: 10.29208/jsfk.2015.2.1.46.
- [12] M. Hait, T. Dey, and S. S. Sarnobat, "Design and analysis of newly developed two-wheeler shock absorber helical spring," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2601, no. 1, p. 012025, Sep. 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2601/1/012025.
- [13] Arpit Darbari and Manu Bhargava, "Modelling of Brake Pad Disc with emphasis on dynamic analysis and deformation of structure.," *World J. Adv. Eng. Technol. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 279–289, Jul. 2024, doi: 10.30574/wjaets.2024.12.2.0304.
- [14] Ph.D. Research Scholar, Government College of Engineering, affiliated to Kavayitri Bahinabai Chaudhari North Maharashtra University, Jalgaon, and Maharashtra, India, Mr. R. S. Lahane*, Dr. M. J. Sable, and Professor, Government College of Engineering, affiliated to Kavayitri Bahinabai Chaudhari North Maharashtra University, Jalgaon, and Maharashtra, India, "Design and Performance Analysis of MR Twin Tube Shock Absorber Damper of Semi-Active Suspension System," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 3015–3021, Jan. 2020, doi: 10.35940/ijtee.B6806.019320.
- [15] A. Jain, S. Misra, A. Jindal, and P. Lakhian, "Structural analysis of compression helical spring used in suspension system," presented at the International Conference on Functional Materials, Characterization, Solid State Physics, Power, Thermal and Combustion Energy: FCSPTC-2017, Andhra Pradesh, India, 2017, p. 020080. doi: 10.1063/1.4990233.
- [16] S. K and D. G, "Design and Material Analysis of a Suspension System in Scooter by using Finite Element Analysis Method," *Int. Res. J. Multidiscip. Technovation*, pp. 25–37, Jan. 2019, doi: 10.34256/irjmt1914.
- [17] R. Firdaus and R. Muharni, "Rancangan Mesin Produksi Pakan Ternak Dari Sekam Padi Dengan Penggerak 2,5 HP," 2022.
- [18] S. Ranganathan, S. Kuppuraj, G. V. Rajaram Ganesan, and J. Nandhagopal, "Modeling and Analysis of Helical and Wave Spring Behavior for Automobile Suspension," presented at the International Conference on Advances in Design, Materials, Manufacturing and Surface Engineering for Mobility, Chennai, India, Oct. 2019, pp. 2019–28–0130. doi: 10.4271/2019-28-0130.
- [19] S. M. Naeem, "Structural and Stress Analysis of NACA0012 Wing Using SolidWorks," *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 11, no. 8, pp. 2181–2186, Aug. 2024, doi: 10.18280/mmep.110820.
- [20] T. Kumar, R. Stephen, M. Zaeimi, and G. Wheatley, "Formula Sae Rear Suspension Design," *Mobil. Veh. Mech.*, vol. 46, no. 2, pp. 1–18, Oct. 2020, doi: 10.24874/mvm.2020.46.02.01.