
Analisis Perpindahan Gaya *SideLoad* Pegas Suspensi Tipe C Menggunakan *Finite Element Method* (FEM)

Sigit Setijo Budi^{1*}, Firman Lukman Sanjaya², Faqih Fatkhurrozak³, Syarifudin⁴, Nur Aidi Ariyanto⁵,

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

^{1,2,3,4,5}Jl. Mataram No.9 Pesurungan Lor, Kota Tegal, 52147, Indonesia

E-mail: seti08405@gmail.com¹, sanjaya.firman51@gmail.com², faqihyani14@gmail.com³,

masudinsyarif88@gmail.com⁴, nuraidi.ariyanto@gmail.com⁵

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 7 Feb 2023

Direvisi: 5 Juli 2023

Diterima: 8 Juli 2023

Suspensi harus memberikan kenyamanan dan keamanan pada kendaraan. Oleh karena itu, desain pegas suspensi perlu dianalisis pengaruh beban terhadap pembagian tekanan pada sumbu sehingga kekuatan pegas dari gaya *sideload* dapat disimulasikan. Tujuan penelitian ini menganalisa gaya *sideload* pegas suspensi tipe C menggunakan FEM. Variasi pegas adalah jumlah kumparan ulir yang berbeda yaitu 11, 12 dan 13. Pada simulasi FEM pegas diberikan beban sehingga terjadi *displacement* 50mm, 100mm, 150mm, 200mm dan 250mm. Pembebanan menyebar ke sumbu X, Y dan Z. setiap arah sumbu diukur tekanan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tekanan yang terjadi pada sumbu X, Y dan Z mengalami penurunan setiap penambahan jumlah kumparan ulir. Penurunan nilai tekanan sumbu X terendah terjadi pada ulir 12 sebesar 63%. Sedangkan tekanan pada sumbu Y terjadi penurunan sebesar 27% pada pegas ulir 12. Penurunan nilai tekanan pada sumbu Z tertinggi terjadi sebesar 34% pada pegas ulir 12 dibanding pegas ulir 11.

Abstract

Keywords:

sideload;

type C spring;

finite element method;

The suspension must provide comfort and safety to the vehicle. Therefore, it is necessary to analyze the load's effect on the pressure distribution on the axle so that the spring strength from the *sideload* force can be simulated. This study aims to analyze the *sideload* force of type C suspension springs using FEM. Spring variations are the number of different threaded coils, namely 11, 12, and 13. In the FEM simulation, the spring is given a load until 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, and 250mm displacement occurs. The loading spreads to the X, Y, and Z axes. Each direction of the axis is measured by the pressure that occurs. The results showed that the pressure values that occur on the X, Y, and Z axes decreased with each increase in the number of screw coils. The lowest X-axis pressure reduction occurs in thread 12 at 63%. Meanwhile, the pressure on the Y axis decreased by 27% on the spring screw 12. The highest decrease in pressure on the Z axis occurred by 34% on the spring screw 12 compared to the spring screw 11.

*Penulis korespondensi:

Sigit Setijo Budi

E-mail: seti08405@gmail.com

1. Pendahuluan

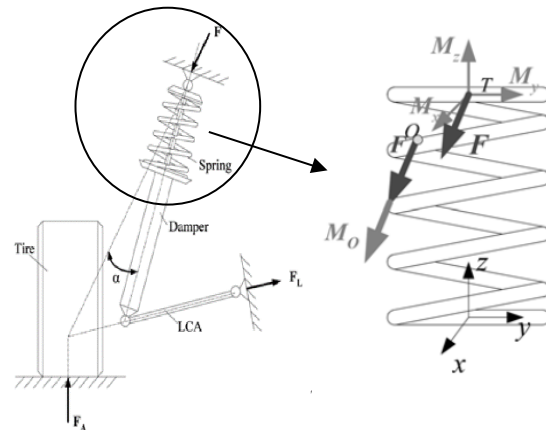
Mobil listrik merupakan kendaraan masa depan yang mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan ramah lingkungan. Selain itu, mobil listrik memiliki banyak kelebihan seperti suara lebih halus, tidak berbau, dan bebas dari asap hasil pembakaran [1]. Aspek lain yang perlu diperhatikan untuk mobil listrik adalah aspek keamanan dan kenyamanan. Salah satu komponen mobil listrik yang mendukung aspek tersebut adalah suspensi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas mobil listrik perlu desain suspensi yang tepat sehingga keamanan dan kenyamanan pengguna mobil listrik terjaga [2]. Desain pegas pada suspensi menjadi sesuatu yang sangat vital. Desain pegas yang dianggap bagus untuk mobil listrik adalah pegas suspensi tipe C [3]. Pegas suspensi tipe C dapat mengubah bentuk dari sumbu beban pegas sehingga meningkatkan kenyamanan berkendara dibandingkan dengan pegas konvensional [4] [5].

Desain pegas suspensi tipe C perlu juga di analisis pengaruh beban yang diterima sehingga dapat mensimulasikan kekuatan pegas suspensi dari gaya *sideload* [6]. *Finite Element Method* (FEM) merupakan salah satu proses analisa kekuatan benda dengan cara komputasi berbantu software yang terintegrasi dari *Computer Aided Design* (CAD) [7] [8]. FEM sebutan lain dari metode elemen hingga yang merupakan salah satu solusi yang sesuai untuk persamaan diferensial parsial, atau untuk mengubah persamaan diferensial parsial menjadi aljabar yang mudah diselesaikan. Dalam hal ini, FEM digunakan untuk menganalisa perpindahan gaya pegas *sideload* untuk suspensi mobil listrik [9] [10].

Rento Gadayu, dkk, [11] menganalisa perancangan poros roda penggerak mobil Emisia Borneo menggunakan FEM. Hasil analisa menunjukkan bahwa tegangan maksimum sebesar $9,417e+01$ N/mm² (MPa) yang dapat diterima oleh bagian pasak roda. Berdasarkan analisis tersebut, poros roda dianggap aman. Analisa menggunakan FEM dianggap akurat perhitungannya. Analisa menggunakan FEM juga dilakukan oleh Adam Mandala, dkk [12]. Penelitiannya menganalisa perbandingan pengaruh variasi material rotor dan stator terhadap nilai efisiensi dan *losses* pada *permanent magnet synchronous generator* (PMSG) menggunakan *finite element method* (FEM). Simulasi pembebanan menggunakan FEM untuk mengetahui nilai arus, torsi, daya input dan output serta efisiensi. Hasil analisa memaparkan bahwa tingginya kecepatan putaran rotor meningkatkan nilai keluaran PMSG. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan FEM dalam simulasi analisis pembebanan lebih variatif dan mendekati akurat.

Siddhart, dkk [13] mendesain pegas menggabungkan model *pitch* dan silinder. Hal ini bertujuan untuk menyatukan keunggulan dan mengurangi kerugian masing-masing model pegas tersebut. Desain pegas menggunakan *software Solidworks* dan dianalisis menggunakan ANSYS untuk mengetahui berbagai parameter mekanisnya. Hasil analisis menunjukkan keberhasilan desain pegas tersebut dapat bekerja lebih baik dan menjanjikan untuk diimplementasikan pada sistem suspensi kendaraan. B. C. Choi, dkk [14] meneliti tentang perancangan optimal untuk meminimalisir gaya *sideload* pada pegas Krigig. Analisis

perancangan tersebut menggunakan FEM untuk memverifikasi *sideload* yang terjadi pada bagian atas damper rod. Hasil simulasi FEM memaparkan bahwa posisi pengaturan pegas meminimalkan gaya *sideload*. Liu, dkk [15] melakukan penelitian pada pegas *sideload* tipe C dengan variasi diameter kumparan. Simulasi FEM digunakan untuk menganalisis gaya *sideload* pegas tipe C. Hasil simulasi FEM ditunjukkan pada gambar 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa pegas suspensi tipe C mampu menerima tekanan tinggi sehingga pegas suspensi tipe C dapat digunakan pada kendaraan mobil listrik.

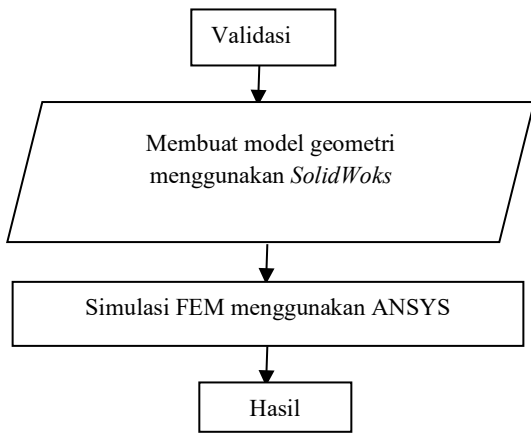


Gambar 1. Gaya pada suspensi yang mengakibatkan gaya *side force*

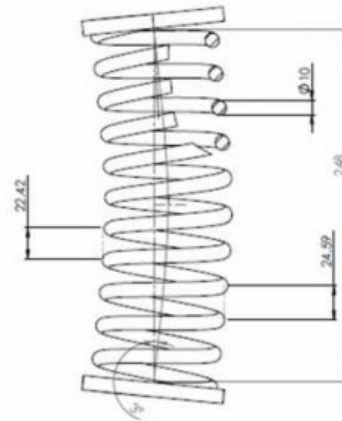
Penelitian ini bertujuan menganalisis arah gaya *sideload* pegas suspensi tipe C dengan variasi jumlah kumparan menggunakan *finite element method* (FEM). Penelitian sebelumnya banyak membahas tentang beban yang diterima oleh pegas menggunakan FEM, namun belum banyak penelitian yang meneliti arah gaya *sideload* yang terjadi pada pegas khususnya pegas suspensi tipe C.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan model pegas tipe C untuk suspensi kendaraan mobil listrik. Pegas tipe C ini menggunakan material ST 37 dengan panjang bebas 268 mm, diameter pegas 100 mm dan diameter ulir 10 mm. Penelitian ini juga memvariasikan jumlah kumparan ulir pegas yaitu 11, 12 dan 13. *Displacement* pada pembebanan pegas suspensi tipe C adalah 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm dan 250 mm dari tinggi awal pegas. Dari pembebanan tersebut dihitung beban yang terjadi pada arah sumbu X, Y dan Z. Adapun alur penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2. Penelitian ini diawali dengan proses validasi. Pada analisis perancangan, validasi adalah metode yang penting untuk menentukan faktor *error* pada saat analisis. Validasi juga merupakan pengesahan atau membandingkan kebenaran atas sesuatu [3]. Pada penelitian ini validasi dilakukan dengan membandingkan penelitian liu, dkk (2008) [15] dengan tingkat *error* ANSYS yang digunakan. Adapun *material properties* pada penelitiannya dipaparkan pada tabel 1.



Gambar 2. Alur penelitian

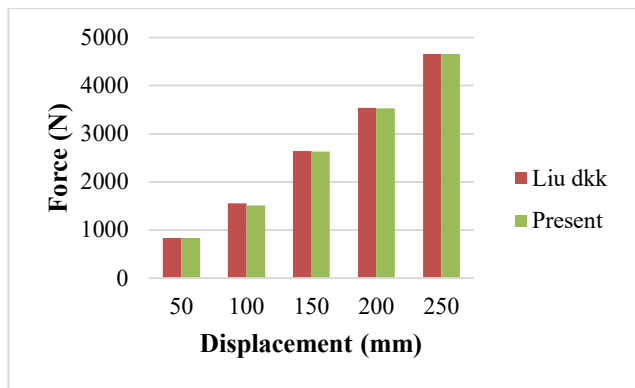


Gambar 4. Pegas Suspensi Tipe C pada saat bebas

Tabel 1. *Material properties ST 37*

Properties	Mild Steel	
Density	7850	kg/m ³
Ultimate Tensile Strength (UTS)	460	Mpa
Yield Strength	250	Mpa
Modulus of Elasticity	207	Gpa
Poisson's ratio	0.3	
Plastic strain at UTS	0.35	

Hasil validasi menunjukkan kurang dari 10% tingkat *error* pada ANSYS. Penentuan beban dimana pegas mengalami perpindahan akibat pembebanan dapat diketahui jumlah arah gaya yang muncul. Hasil validasi tunjukan pada gambar 3.

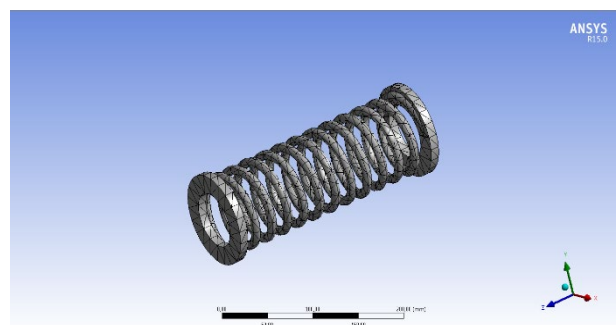


Gambar 3. Hasil Validasi

Pemodelan geometri menggunakan *SolidWorks* yang selanjutnya diimpor pada *Hypermesh*. Untuk analisis metode elemen hingga berbasis komputerisasi atau disebut *finite element method* (FEM) menggunakan ANSYS.

3. Hasil dan Pembahasan

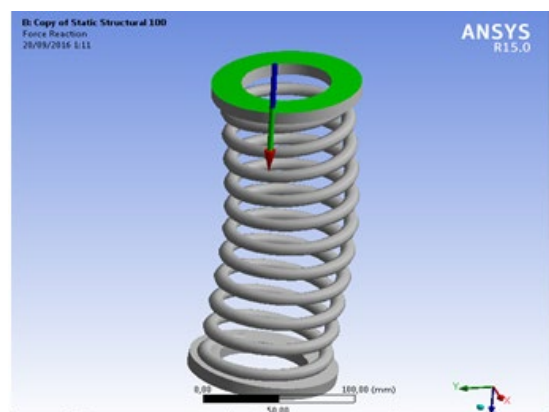
Penelitian ini menganalisis gaya *sideload* pegas suspensi tipe C menggunakan FEM pada *software* ANSYS. Gambar 4 menunjukkan desain suspensi tipe C menggunakan *SolidWorks*. *Meshing* dibuat dengan 5727 nodal dan 2180 elemen dan FEM yang digunakan *tetrahedral* seperti yang dipaparkan pada gambar 5.



Gambar 5. FEM *tetrahedral* dan *meshing*

3.1 Pegas Suspensi Tipe C Ulir 11 dengan *Displacement* 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, dan 250mm

Gambar 6 dibawah ini merupakan simulasi pembebanan pegas suspensi tipe C dengan jumlah kumparan ulir 11 dan *Displacement* 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, dan 250mm menggunakan FEM pad ANSYS. Arah perpindahan gaya menuju sumbu X, Y dan Z.

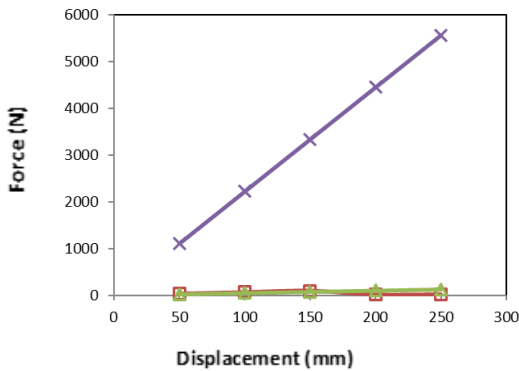


Gambar 6. Hasil simulasi pegas suspensi tipe C ulir 11

Hasil simulasi ditunjukkan pada pada tabel 2. Dari berbagai *displacement* yang digunakan, hasil arah sumbu x dan y kurang dari 1000 N. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah nilai gaya yang terjadi semakin baik. Namun, gaya yang terjadi pada sumbu Z lebih tinggi diatas 1000 N. Grafik hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 7.

Tabel 2. Hasil simulasi FEM Pegas Tipe C ulir 11

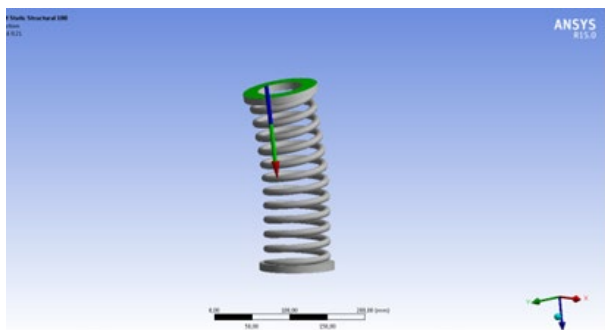
Displacement (mm)	X (N)	Y (N)	Z (N)
50	3,160	25,227	1113,100
100	6,320	50,455	2226,300
150	9,480	75,683	3339,400
200	12,640	100,910	4453,500
250	15,801	126,140	5565,700



Gambar 7. Grafik simulasi pegas tipe C ulir 11

3.2 Pegas Suspensi Tipe C Ulir 12 dengan Displacement 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, dan 250mm

Hasil simulasi FEM pada pegas suspensi tipe C dengan jumlah kumparan ulir 12 dipaparkan pada gambar 7. Displacement yang digunakan adalah 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, dan 250mm dengan arah displacement ke sumbu X, Y dan Z.

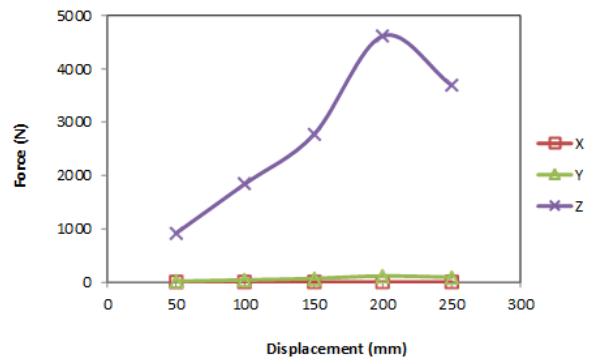


Gambar 8. Hasil simulasi pegas suspensi tipe C ulir 12

Pada tabel 3 menunjukkan hasil simulasi FEM pegas tipe C ulir 12 beban arah sumbu arah x dan y semakin kecil maka semakin baik nilainya. Beban berturut-turut ke arah sumbu x antara 50mm sampai 250mm adalah 1,457N; 2,914N; 4,317N; 7,284N; dan 5,827N. Arah sumbu y dari 50mm sampai 250mm adalah 23,102N; 46,203N; 69,307N; 115,501N dan 92,401N. Kemudian beban yang diterima arah z dari 50mm sampai 250mm adalah 922,38N; 1844,8N; 2767,1N; 4611,29N dan 3689,6N. Pada sumbu z antara displacement 200mm kearah 250mm terjadi terjadi penurunan karena material ST 37 kurang mendukung untuk ulir 12 dan 13, untuk ST 37 mendukung untuk ulir 11 kebawah. Grafik simulasi pegas suspensi tipe C dengan jumlah kumparan ulir 12.

Tabel 3. Hasil simulasi FEM Pegas Tipe C ulir 12

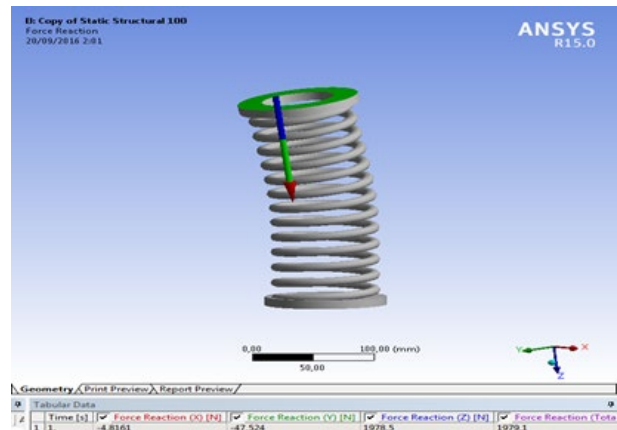
Displacement (mm)	X (N)	Y (N)	Z (N)
50	1,457	23,102	922,380
100	2,914	46,203	1844,800
150	4,371	69,305	2767,100
200	7,284	115,510	4611,290
250	5,827	92,406	3689,500



Gambar 9. Grafik simulasi pegas tipe C ulir 12

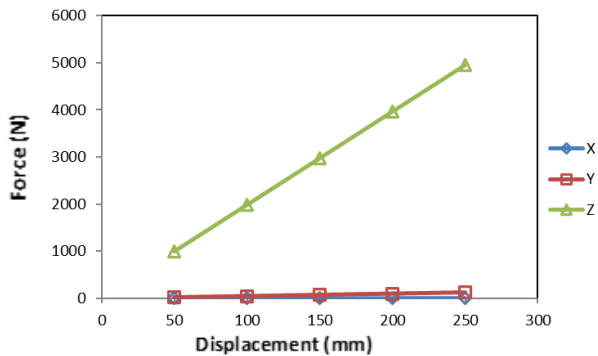
3.3 Pegas Suspensi Tipe C Ulir 13 dengan Displacement 50mm, 100mm, 150mm, 200mm dan 250mm

Hasil simulasi FEM pada pegas suspensi tipe C dengan jumlah kumparan ulir 13 dipaparkan pada gambar 10. Displacement yang digunakan adalah 50mm sampai dengan 250mm dengan interval 50mm dan arah displacement ke sumbu X, Y dan Z.



Gambar 10. Hasil simulasi pegas suspensi tipe C ulir 13

Pada gambar 11 beban arah sumbu arah x dan y semakin kecil maka nilainya semakin baik. berturut-turut ke arah sumbu x antara 50mm sampai 250mm yaitu 2,408N; 4,816N; 7,224N; 9,632N; dan 12,04N. Beban sumbu y dari 50mm sampai 250mm adalah 23,762N; 47,524N; 71,286N; 95,048N; dan 118,81N. Sebaliknya untuk beban arah sumbu z semakin besar diperoleh maka semakin baik nilai yang diperoleh dari 50mm sampai 250mm. Berturut-turut adalah 989,27N; 1978,5N; 2967,8N; 3957,1N; dan 4946,4N. Tabel 4 menunjukkan detail hasil simulasi FEM Pegas Tipe C ulir 13.



Gambar 11. Grafik simulasi pegas tipe C Ulir 13

Tabel 4. Hasil simulasi FEM Pegas Tipe C ulir 13

Displacement (mm)	X (N)	Y (N)	Z (N)
50	2,408	23,762	989,270
100	4,816	47,524	1978,500
150	7,224	71,286	2967,800
200	9,632	95,048	3957,100
250	12,040	118,810	4946,400

3.4 Pembahasan

Penelitian hasil analisa gaya *sideload* pegas suspensi tipe C dengan variasi jumlah kumparan ulir 11, 12 dan 13 menunjukkan bahwa semakin banyak kumparan ulir pegas semakin kecil nilai tekanan yang diterima oleh pegas. Tekanan yang terjadi pada sumbu X dan Y kurang dari 1000 N dengan *displacement* 50 mm sampai 250 mm. Hal ini menunjukkan bahwa arah tersebut dinilai baik karena semakin kecil nilai gaya *Sideload*, maka dianggap semakin baik pegas tipe C menahan gaya *sideload*. Tekanan yang terjadi pada sumbu Z lebih tinggi dari sumbu X dan Y. Hal ini terjadi karena beban yang diberikan pada simulasi FEM tegak lurus secara vertikal dengan pegas sehingga tekanan tertinggi pada sumbu Z. Arah sumbu Z searah dengan arah beban yang diberikan kepada pegas suspensi tipe C. Semakin banyak jumlah kumparan ulir semakin rendah nilai tekanan yang terjadi. Nilai tekanan yang terjadi pada sumbu X, Y dan Z mengalami penurunan setiap penambahan jumlah kumparan ulir.

Penurunan nilai tekanan sumbu X terendah terjadi pada *displacement* 250 mm pegas dengan ulir 12 sebesar 63% dibanding dengan pegas ulir 11. Sedangkan tekanan pada sumbu Y terjadi penurunan sebesar 27% pada pegas ulir 12 dengan *displacement* 250 mm. Penurunan nilai tekanan pada sumbu Z tertinggi terjadi pada *displacement* 250 mm sebesar 34% pada pegas ulir 12 dibanding pegas ulir 11. Pada pegas ulir 13 juga mengalami penurunan namun lebih tinggi penurunan tekanan pada pegas ulir 12.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari simulasi gaya *sideload* pegas suspensi tipe C menggunakan FEM dapat disimpulkan bahwa tekanan yang terjadi pada sumbu Z lebih tinggi dari sumbu X dan Y. Hal ini terjadi karena beban yang diberikan pada simulasi FEM tegak lurus secara vertikal dengan pegas sehingga tekanan tertinggi pada sumbu Z. Semakin banyak

jumlah kumparan ulir semakin rendah nilai tekanan yang terjadi. Nilai tekanan yang terjadi pada sumbu X, Y dan Z mengalami penurunan setiap penambahan jumlah kumparan ulir. Penurunan nilai tekanan sumbu X terendah terjadi pada *displacement* 250 mm pegas dengan ulir 12 sebesar 63% dibanding dengan pegas ulir 11. Sedangkan tekanan pada sumbu Y terjadi penurunan sebesar 27% pada pegas ulir 12 dengan *displacement* 250 mm. Penurunan nilai tekanan pada sumbu Z tertinggi terjadi pada *displacement* 250 mm sebesar 34% pada pegas ulir 12 dibanding pegas ulir 11.

Daftar Pustaka

- [1] A. Efendi, "Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejur.*, vol. 17, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v17i1.23057.
- [2] S. Aritonang and P. H. Wuluanuari, "Analisis kerusakan yang disebabkan oleh vibrasi pada sistem suspensi kendaraan roda empat damage analysis caused by vibration at suspension system of four wheels vehicle," *J. Teknologi Daya Gerak*, vol. 1, no. 1, pp. 17–33, 2018.
- [3] S. Cho, H. Yeon, H. Kim, and C. W. Kim, "Design of end coil angular position and centerline shape of C-type side load coil spring for reducing side load of MacPherson strut suspension," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 3, pp. 1153–1160, 2021, doi: 10.1007/s12206-021-0228-6.
- [4] F. L. S. F. A. Sigit Setijo Budi1, "Perancangan Sistem Suspensi Dan Analisis Pegas Sepeda Motor Listrik Phb Menggunakan Finite Elemen Metode (FEM)," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi RMME*, vol. 5, no. 1, pp. 33–38, 2022.
- [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] Z. Su, F. Xu, L. Hua, H. Chen, K. Wu, and S. Zhang, "Design optimization of minivan MacPherson-strut suspension system based on weighting combination method and neighborhood cultivation genetic algorithm," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 233, no. 3, pp. 650–660, 2019, doi: 10.1177/0954407018789303.
- [7] E. A. Wibowo, M. Nur, and Hidayah, "Rekomendasi Desain Angelbar Bracket Fifth Wheel JSK38 pada Truk Scania R500 dan Trailer SST74 dengan Metode Quality Function Deployment dan Finite Element Method Design of Angelbar Bracket Fifth Wheel JSK 38 for Scania R500 Truck on SST 74 Trailer by Usin," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 373–379, 2022.
- [8] S. S. Budi, A. Supriyadi, A. Makhrojan, R. Ismail, and J. Jamari, "The effect of linear spring number at side load of McPherson suspension in electric city car," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1788, no. January, 2017, doi: 10.1063/1.4968329.
- [9] I. Ummat, "DRC012 Dynamic Modeling of MacPherson Strut Suspension with Friction in Shock Absorber for Ride Comfort Analysis," no. December 2014, 2023.
- [10] 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*, no. January, pp. 25–37, 2019, doi: 10.34256/irjmt1914.
- [11] R. Gadayu, Fuazen, E. Julianto, "Analisa Perancangan Poros Roda Pengerak Mobil Emisia Borneo Menggunakan Finite Element Method," *Momentum*, vol. 19, no. 1, pp. 33–37, 2023.

- [12] A. Mandala, W. Martiningsih, and C. Ahendyarti, "Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Material Rotor dan Stator Terhadap Nilai Efisiensi dan Losses Pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) Menggunakan Finite Elemen Method (FEM)," *J. Ilm. Setrum*, vol. 11, no. 2, pp. 60–68, 2022, doi: 10.36055/setrum.v11i2.17996.
- [13] Siddharth, D. Yadav, and S. Lata, "Design development and analysis of cylindrical spring with variable pitch for two wheelers," *Mater. Today Proc.*, vol. 47, no. xxxx, pp. 3105–3111, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.06.130.
- [14] B. C. Choi, S. Cho, and C. W. Kim, "Kriging Model Based Optimization of MacPherson Strut Suspension for Minimizing Side Load using Flexible Multi-Body Dynamics," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, vol. 19, no. 6, pp. 873–879, 2018, doi: 10.1007/s12541-018-0103-2.
- [15] J. Liu¹, D. J. Zhuang, F. Yu And L. M. Lou, "Coptimized Design For A Macpherson Strut Suspension With Side Load Springs," *International Journal of Automotive Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 29–35, 2008, doi: 0.1007/s12239-008-0004-y.