

Analisis *Shaft Piston Rod Shock Absorber* dengan Material Baja Karbon Menggunakan *Finite Element Method*

Agus Dwi Putra^{1,*}, Bella Cornelia Tjiptady², Dewi Izzatus Tsamroh³, Yayi Febdia Pradani³, Dimas Hani Saputra⁴

¹ Politeknik Negeri Malang

² Universitas Islam raden Rahmat Malang

³ Universitas Negeri Malang

⁴ Program Sarjana Teknik Mesin, Universitas Islam Raden Rahmat Malang

Kata kunci

Shock absorber
Shaft piston rod
Finite element method
Baja karbon

ABSTRAK

Shock merupakan komponen yang berperan dalam sistem kenyamanan berkendara. Fungsi dari *shock* itu sendiri adalah untuk meredam segala kejut di medan jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mensimulasikan *shock* kendaraan X yang mengalami patah. Material yang digunakan dalam pembuatan *shock* adalah baja karbon sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pembuatan desain model geometri *shock absorber* dan simulasi dengan *finite element method*. *Finite element method* dimaksudkan untuk menganalisis *von mises stress*, *strain* dan *safety factor*. Hasil analisis menunjukkan bahwa *von mises stress* maksimum sebesar 100,7 N/m² dan *strain* maksimum sebesar 0,0000000003515 mm, serta *safety factor* yang dihasilkan mencapai 2.808e+006.

* **Corresponding author:**
Agus Dwi Putra (email: agusdput@gmail.com)

Diterima: 5 Maret 2024

Disetujui: 27 Juli 2024

Dipublikasikan: 30 September 2024

1 Pendahuluan

Persaingan pasar di dunia industri otomotif saat ini sangat ketat, hal ini disebabkan banyaknya industri otomotif di dunia [1]. Industri otomotif merupakan sektor yang terus berkembang dengan pesat seiring dengan tuntutan akan kinerja dan keamanan kendaraan. Salah satu komponen kritis dalam sistem suspensi kendaraan yaitu *shock absorber* atau peredam kejut [2]. *Shaft piston rod* pada *shock absorber* memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas dan kenyamanan berkendara. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap kekuatan struktural komponen ini menjadi esensial untuk memastikan kinerja optimal dan keamanan penggunaan [3].

Pada penelitian ini terdapat khusus mengenai kendaraan A berjenis roda dua yang mengalami retak bahkan patah pada *shaft piston rod* akibat medan jalan yang terlalu ekstrem. Salah satu cara untuk memecahkan masalah ini adalah dengan melakukan analisis simulasi agar didapatkan hasil yang valid mengenai kinerja *shaft piston shock absorber*. Pendekatan simulasi yang dapat diterapkan pertama kali yaitu pemodelan gesekan pada peredam kejut, yang bertujuan untuk berkontribusi pada bidang penelitian tentang gesekan yang tidak diinginkan [4]. Bahan konstruksi pada *shaft piston rod* memegang peranan krusial dalam menentukan kehandalan dan daya tahan komponen tersebut [5]. Penggunaan bahan 1023 *Carbon steel Sheet* (SS) menjadi subjek kajian karena sifat mekanisnya yang unggul, khususnya dalam konteks kekuatan dan ketahanan terhadap beban dinamis. Pemilihan bahan ini diharapkan dapat meningkatkan performa dan umur pakai *shaft piston rod*, sehingga menghasilkan produk *shock absorber* yang lebih efisien dan handal. Agus dkk [6] berpendapat bahwa *Carbon Steel* mempunyai tingkat kekuatan yang tinggi dan salah satu komponen material kuat di muka bumi. *Carbon steel* juga sering digunakan sebagai bahan kaki-kaki kendaraan besar [7] sehingga cocok untuk diterapkan pada *shaft piston shock absorber* karena *shock absorber* merupakan komponen kaki-kaki kendaraan

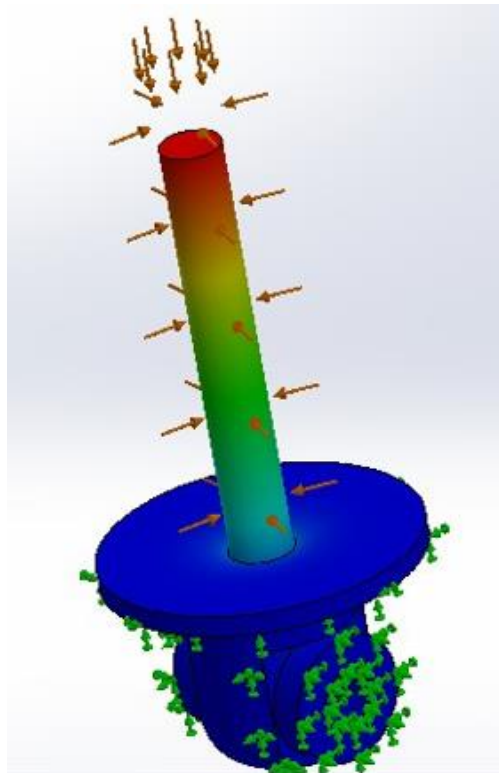
Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait analisis kekuatan *shaft piston rod*, aplikasi bahan 1023 *Carbon steel Sheet* (SS) pada konteks ini masih relatif baru dan belum sepenuhnya dieksplorasi [8]. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kinerja mekanis *shaft piston rod shock absorber* yang menggunakan bahan tersebut. Analisis ini melibatkan pemodelan matematis dan simulasi numerik guna memahami respons struktural *shaft piston rod* terhadap beban operasionalnya.

Dalam penelitian ini, memiliki pemahaman yang mendalam terhadap karakteristik kekuatan struktural *shaft piston rod* dengan menggunakan bahan 1023 *Carbon steel Sheet* (SS) dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan desain produk dalam industri otomotif. Hasil analisis yang akurat dapat menjadi dasar bagi perancangan produk yang lebih efisien dan andal, serta memperkuat daya saing industri otomotif di pasar global yang semakin kompetitif. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi pijakan awal untuk inovasi dan pengembangan lebih lanjut dalam desain komponen suspensi kendaraan. Tujuan dari penelitian ini meliputi analisis pengaruh pegujian tegangan (*strain von mises*), regangan, dan *safety factor* pada *piston rod shock absorber* dengan bahan 1023 *Carbon steel Sheet* (SS) terhadap kekuatan struktural *shaft*

2 Metode Penelitian

2.1 Model Geometri

Penyelesaian masalah pada penelitian ini menggunakan teorema metode elemen hingga atau sering dikenal dengan *finite element method*. Pemodelan geometri merujuk pada *Shock absorber* tipe kendaraan A yang mana pada khusus ini mengalami retak atau patah. Langkah awal penelitian ini yaitu studi kasus dan dilanjutkan dengan pembuatan model geometri *shaft piston shock absorber*. Model geometri *shaft piston shock absorber* dapat dilihat pada gambar berikut:

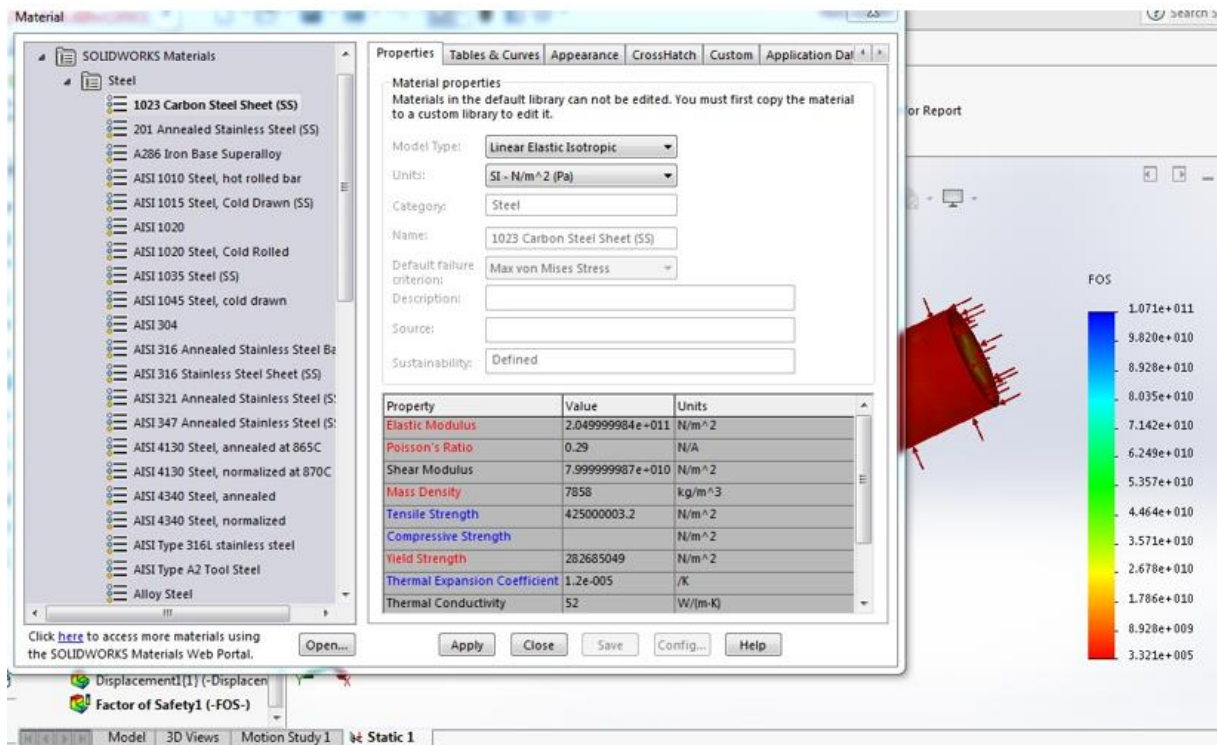


Gambar 1 Model *shaft piston shock absorber*

Adapun pembuatan model dengan memanfaatkan *software SolidWorks Premium 2016 SP 0.4*. pembuatan model pada *shaft shock absorber* ini merujuk pada dimensi nyata *shock absorber* kendaraan A.

2.2 Material properties

Pada bahan material 1023 carbon steel sebagai standar AISI/SAE untuk baja karbon, maka baja tersebut umumnya memiliki sekitar 0.20-0.26% karbon. Berikut ini sifat material umum untuk baja karbon dalam asumsi memiliki kekuatan tarik (*Tensile Strength*) biasanya berkisar antara 370 - 440 MPa. Tingkat kekerasan (*Hardness*) bisa berkisar antara 120-170 Brinell dengan kekuatan lendutan (*Yield Strength*) memiliki asumsi sekitar 235 MPa. Elongasi (*Elongation*) ini biasanya sekitar 25-30%. Pada tingkat ketangguhan (*Toughness*) baja karbon ini memiliki ketangguhan yang baik, tetapi tidak sebaik baja paduan Dengan densitas yang berkisar 7.85 g/cm³ dan memiliki titik lebur yang tergantung pada komposisi spesifik, tetapi bisa berkisar antara 1425 - 1540°C. Gambar 2. dibawah ini merupakan *material properties* untuk bahan 1023 baja karbon.



Gambar 2 Material properties shock absorber

2.3 Analisis

Merujuk pada referensi yang ada maka penetapan besaran beban yang ditanggung sebesar 150 N pada shock absorber ini. Beban 150 N diakumulasikan untuk di analisis dengan luaran berupa analisis statis tegangan, regangan, dan safety factor. Stress mengacu pada gaya yang bekerja pada suatu area atau objek tertentu. Secara sistematis, stress (σ) didefinisikan sebagai gaya (F) yang bekerja pada suatu benda dibagi dengan luas penampang (A) dimana gaya tersebut bekerja. Rumusnya sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1}$$

Selanjutnya analisis Strain merupakan perubahan relatif panjang suatu benda akibat beban yang diterapkan. Strain (ϵ) dihitung dengan membagi perubahan panjang (ΔL) oleh panjang aslinya (L_0). Rumusnya sebagai berikut:

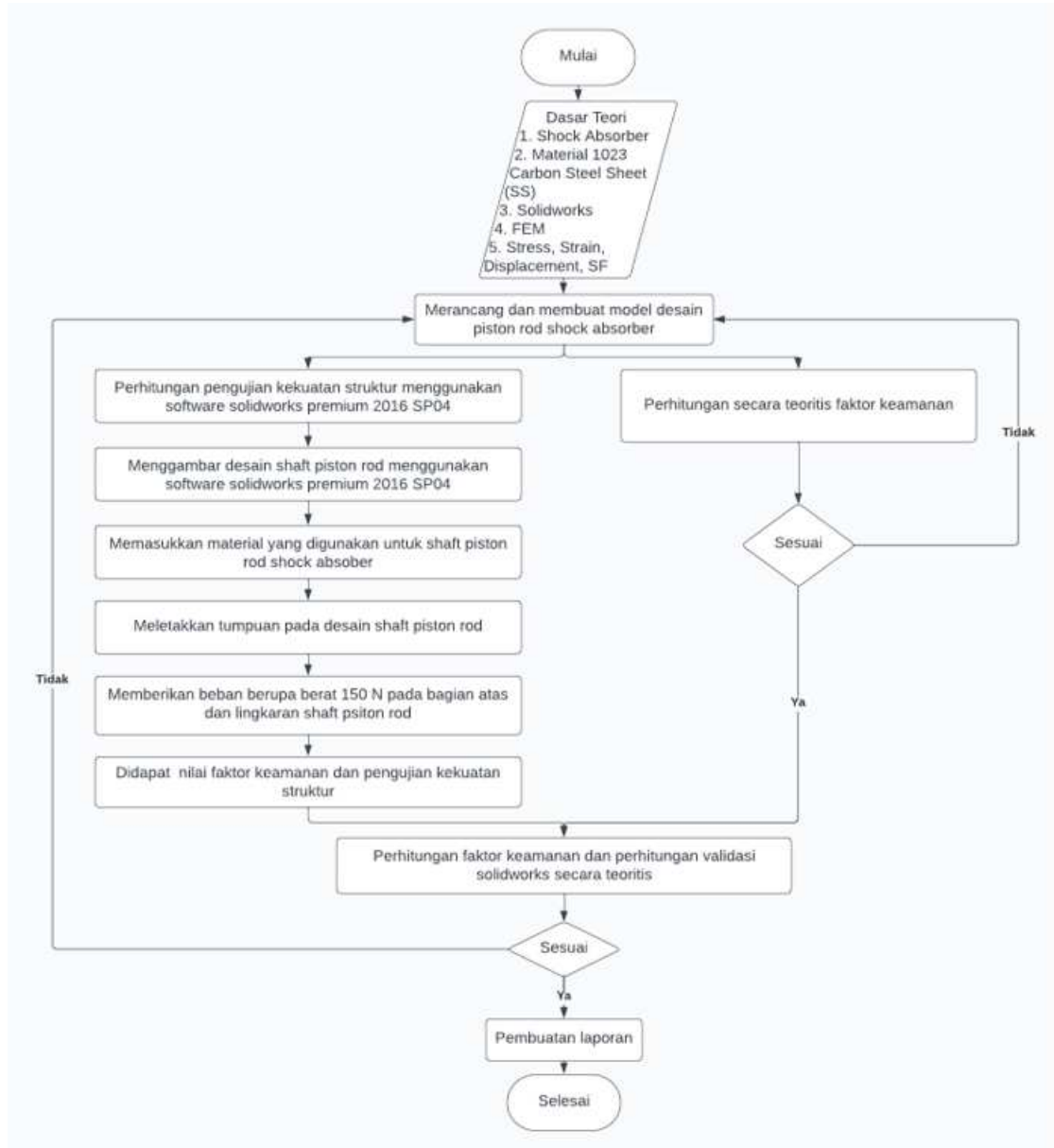
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \tag{2}$$

Serta Safety Factor merupakan rasio antara kekuatan suatu material atau struktur dengan beban yang diterapkannya. Merepresentasikan seberapa besar suatu struktur "aman" dari potensi kegagalan. Rumus Safety Factor sebagai berikut:

$$Sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_e} \tag{3}$$

2.4 Diagram alir

Adapun proses dalam penelitian ini akan dituangkan elbih detail dan terperinci dalam diagram alir gambar 3 berikut.



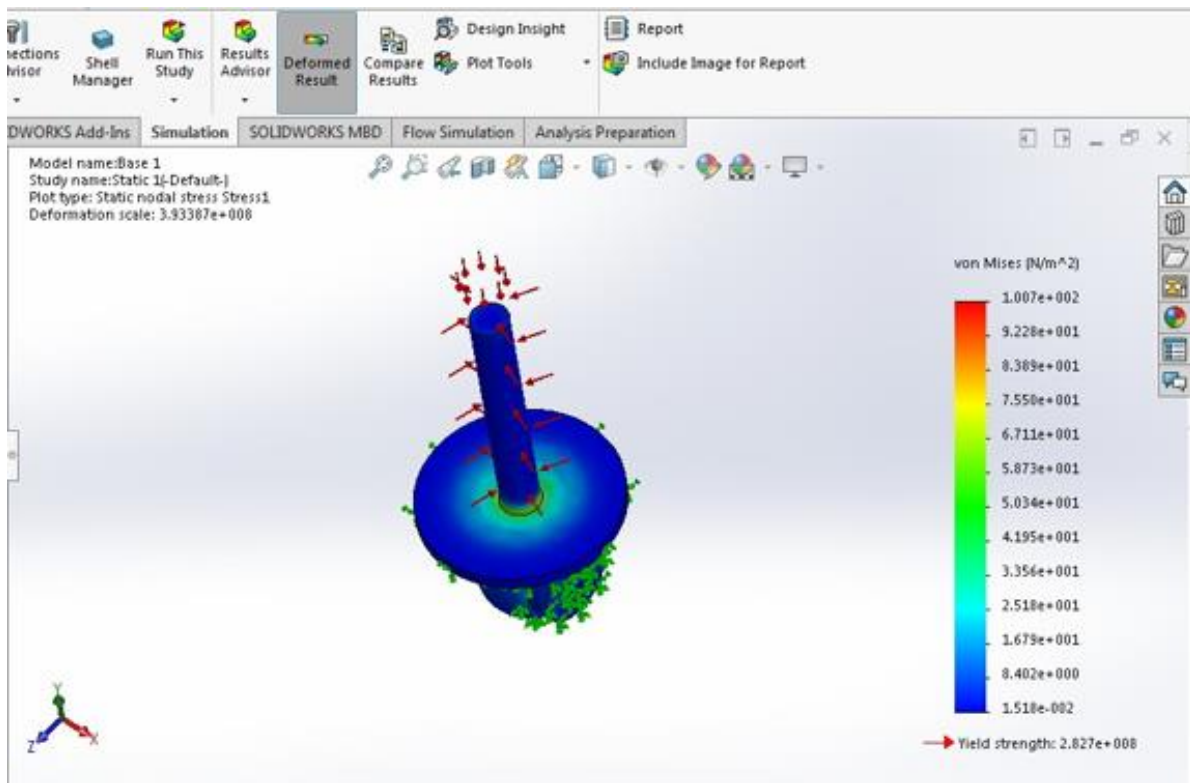
Gambar 3. Diagram alir penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini disajikan dalam beberapa bagian yang mana akan diuraikan sebagai berikut.

3.1 Static stress von mises

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak solidworks premium 2016 sp04 dimana diperoleh tegangan (*stress von mises*), regangan (*strain*), perpindahan (*displacement*) dan faktor keamanan (*factor of safety*) dengan memakai bahan *carbon steel sheet* (SS) dan dilakukan kekuatan uji beban 150 N terlebih dahulu, supaya digunakan data output untuk *software* solidworks. sehingga didapat kekuatan shaft piston rod sebagai berikut.



Gambar 4 Hasil simulasi von mises stress

Pada gambar 4 diatas perlakuan beban pada *shaft piston rod* dengan menggunakan material bahan *carbon steel sheet* (ss) diketahui bahwa hasil deformasi atau tegangan (*stress*) maksimum sebesar 1.007×10^2 atau sekitar $100,7 \text{ N/m}^2$, sedangkan tegangan minimumnya sebesar 0.01518 N/m^2 . hasil tersebut dapat diperoleh dalam teorema matematis dengan menerapkan persamaan stress von mises berikut.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3}$$

Karena memiliki tegangan maksimum sebesar 100.7 N/m^2 , dan tegangan minimum sebesar 0.01518 N/m^2 , maka dapat diganti dengan nilai ini kedalam rumus von mises sebagai berikut:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + \sigma_{min}^2 + \sigma_{max} \cdot \sigma_{min}}$$

$$= \sqrt{(1.007e + 002)^2 + (1.518e - 002)^2 + (1.007e + 002) \cdot (1.518e - 002)}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(1.014049e + 004) + (2.3055024e - 004) + (1.527126e + 000)}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{1.01417e + 004}$$

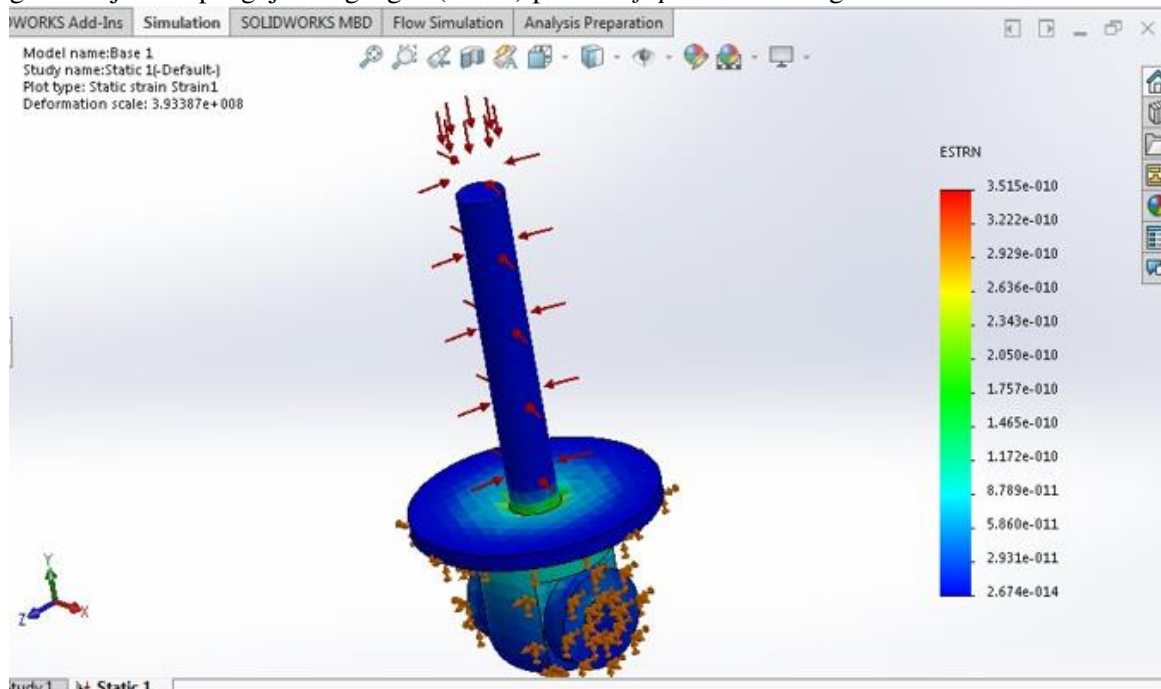
$$\sigma_{VM} = 100.708$$

Jadi, hasil tegangan (*stress von mises*) yang diperoleh sekitar 100.708 N/m^2 , dari tegangan maksimum (*Yield Strength*) yaitu $282.700.000 \text{ N/m}^2$. Hasil nilai tegangan dari *shaft piston rod* masih aman digunakan, karena tidak melebihi batas yang diijinkan. Jika melebihi batas yang diijinkan, maka material bahan akan mengalami deformasi yang permanen. Kekuatan struktur material bahan *1023 carbon steel sheet* (ss) tergolong mampu dan sangat kuat untuk digunakan pada *shaft piston rod shock absorber*.

3.2 Regangan (*static strain*)

Hasil analisis *strain* pada *shaft piston rod shock absorber* menunjukkan total *Strain Equivalent* atau *Strain Energy (ESTRN)* maksimal sebesar 3.515×10^{-10} tersebut yang dapat diketahui pada gambar 5 dibawah ini (*ESTRN*) berwarna merah, diketahui terjadi *Equivalent* akibat adanya pemberian beban pada struktur

pada *shaft piston rod shock absorber* (*force* 150 N) yang diberikan. Sehingga perpindahan nilai minimumnya yaitu 2.2674×10^{-14} (0,00000000000002674) *Strain Energy*. Dibawah ini merupakan gambar 4.2 yang menunjukkan pengujian regangan (*strain*) pada *shaft piston rod* dengan beban 150 N.



Gambar 5 Hasil analisis *strain*

Hasil *Static Strain Force* pada Gambar 5 dengan gaya sebesar 150 N, *Shaft Piston Rod* memiliki skala deformasi sebesar 3.393387×10^8 (393.387.000). Dengan hasil perhitungan numerik dibawah ini yang menggunakan rumus *static strain*.

$$\varepsilon = \frac{ESTRN \text{ Strain maksimal} - ESTRN \text{ Strain minimum}}{\text{deformation scale}}$$

dengan menggunakan nilai yang diberikan sebesar:

$$\varepsilon = \frac{3.515 \times 10^{-10} - 2.674 \times 10^{-14}}{3.93387 \times 10^8}$$

$$\varepsilon = \frac{3.514997375 \times 10^{-10}}{3.93387 \times 10^8}$$

$$\varepsilon = 8.937 \times 10^{-19}$$

Hasil nilai regangan yang diperoleh sebesar 8.937×10^{-9} dari regangan maksimum sebesar 3.515×10^{-10} dan *strain* minimum sebesar 2.674×10^{-14} dengan beban 150 Newton yang diujikan pada *shaft piston rod* serta dengan skala deformasi sebesar 3.93387×10^8 yang diperoleh dari pengujian struktur tersebut.

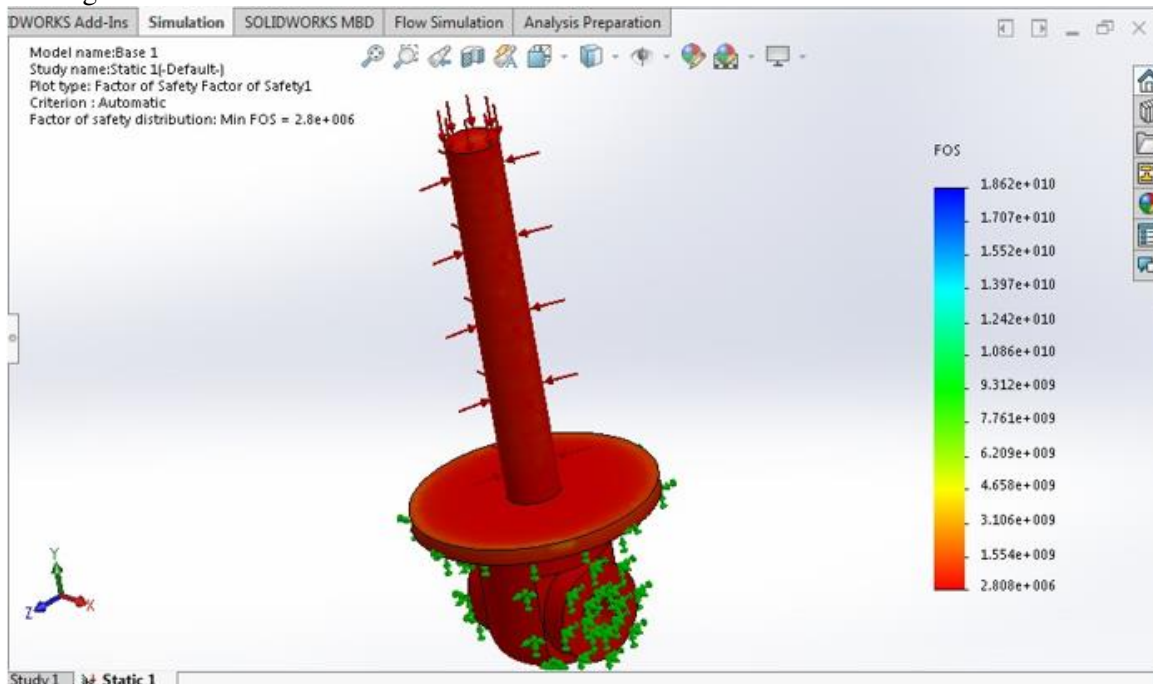
3.3 Faktor keamanan

Menurut Andoko dkk [9] analisis kekuatan struktur yang berupa perhitungan *safety factor* akan ditampilkan pada setiap analisis yang dilakukan. Perhitungan *safety factor* menggunakan persamaan, yaitu

$$= \frac{\sigma_y}{\sigma_e}$$

Berdasarkan nilai dari *factor of safety* pada pembebanan 150 N dengan perhitungan numerik pada

simulasi yaitu shaft piston rod memiliki nilai Factor Of Safety (FOS) terbesar 2.808.000 dan nilai terkecil sebesar 1.862×10^{10} . Pada gambar 6 yang ditunjukkan dibawah ini safety of factor memiliki FOS distribution sebesar 2.8×10^6 . Perhitungan numerik pada analisis faktor keamanan akan dilakukan dengan menggunakan rumus faktor keamanan yang sudah dibuat. Hasil nilai FOS akan diketahui, jika perhitungan numerik dilakukan dengan benar.



Gambar 6 Hasil analisis *safety factor*

Dapat diketahui bahwa dari tegangan maksimum (*Yield Strength*) yaitu 2.827×10^8 pascal (Pa) atau $282.700.000 \text{ N/m}^2$ dan tegangan (*stress*) maksimum sebesar 1.007×10^2 atau sekitar $100,7 \text{ N/m}^2$. Nilai FOS sudah terlihat pada gambar 4.4 saat pengujian *safety of factor* dilakukan. Untuk menghitung *safety of factor* menggunakan perhitungan numerik dengan rumus sebagai berikut.

$$Sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_s}$$

$$Sf = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tegangan maksimal yang terjadi}}$$

$$Sf = \frac{2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2}{100,7 \text{ N/m}^2}$$

$$Sf = 2.808.707,32$$

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dalam perhitungan numerik diketahui bahwa ketentuan hasil *safety of factor* tidak melebihi dari nilai *yield strength*, sehingga struktur material aman dan bisa digunakan untuk *shaft piston rod* pada *shock absorber*.

4 Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa simulasi dengan *finite element method* menghasilkan *von mises stress*, maksimum sebesar $100,7 \text{ N/m}^2$ dan *strain* maksimum sebesar $0,0000000003515 \text{ mm}$, serta *safety factor* yang dihasilkan mencapai $2.808e+006$. Hasil ini menunjukkan bahwa baja karbon dapat dijadikan kandidat sebagai opsi material dalam membuat *shaft piston shock absorber*. Hasil *safety factor* juga menunjukkan bahwa material baja karbon sangat aman untuk digunakan dalam bahan pembuatan *shaft piston shock absorber*.

5 Referensi

- [1] A. D. Putra and Y. F. Pradani, "SIMULASI BATANG PENGHUBUNG PISTON DENGAN VARIASI MATERIAL Al Alloy DAN Ti Alloy MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA," *J. Teknol. Terap. G-Tech*, vol. 4, no. 1, pp. 279–285, 2020, doi: 10.33379/gtech.v4i1.545.
- [2] A. D. Putra, M. Rohman, and M. Sulaiman, "Simulasi Pengaruh Waktu dan Gerak Terhadap Desain Implan Sendi Pinggul," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 09, no. 01, pp. 23–31, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.23887/jptm.v9i1.28885>.
- [3] A. D. Putra, Andoko, R. Wulandari, and G. A. Kurniawan, "Simulation of hip joint implants using finite element method with time and load variations," *Key Eng. Mater.*, vol. 851 KEM, pp. 111–121, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.851.111.
- [4] A. D. Putra, M. Rohman, and A. Wahab, "Analisis Desain Excavator Bucket Menggunakan Metode Elemen Hingga dengan Material Baja," vol. 16, pp. 4–7, 2020.
- [5] Andoko and P. Puspitasari, "Characteristics of leaf spring strength of material 65si7 and material C17000 using finite element method," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1778, 2016, doi: 10.1063/1.4965799.
- [6] A. Andoko *et al.*, "SIMULATION OF TIME AND MOTION ACTIVITY EFFECT ON HIP JOINT IMPLANTS," *J. SOUTHWEST JIAOTONG Univ.*, vol. Vol. 55 No, 2020.
- [7] L. Wang, Z. Du, W. Fu, and P. Wang, "Study of mechanical property of shear thickening fluid (STF) for soft body-armor," *Mater. Res. Express*, vol. 8, no. 4, 2021, doi: 10.1088/2053-1591/abf76a.
- [8] A. P. Sandi, E. G. Suka, and Y. I. Supriyatna, "Pengaruh Waktu Elektroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaCl 3%," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 05, no. 02, pp. 205–212, 2017.
- [9] Andoko, P. Puspitasari, and F. Gapsari, "Fatigue crack growth behavior of nodular cast iron subjected to two-step austempering," *Metalurgija*, vol. 57, no. 4, pp. 317–320, 2018.