Jurnal CRANKSHAFT, Vol. 8 No. 2 (2025)
ISSN 2623-0755

ANALISIS KEGAGALAN PADA AS RODA BELAKANG DUMP TRUCK HINO 500 BERBASIS FINITE ELEMENT ANALYSIS

Donny Wibowo[1], Mohamad Zaenudin[1,*], Yasya Khalif Perdana Saleh[1]

[1]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Depok 16412, Indonesia

Korespondensi:
[*]mzaenudin@jgu.ac.id

ABSTRAK

Tingginya angka kecelakaan lalu lintas yang melibatkan truk (12%) menggarisbawahi urgensi peningkatan keselamatan kendaraan berat ini. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh seringnya insiden akibat patah as atau poros belakang. Untuk memahami fenomena ini, simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) diterapkan guna memvisualisasikan sebaran tegangan dan deformasi pada poros belakang dump truck Hino 500. Analisis ini dilakukan dengan memvariasikan beban 26-35 ton, mencakup beban standar dan overload) dengan tujuan utama mengidentifikasi area konsentrasi tegangan dan potensi titik kegagalan fatik pada poros roda. Hasil penelitian menunjukan bahwa tegangan tertinggi terjadi variasi beban 35 ton dengan nilai tegangan sebesar $1{,}76 \times 10^8\ N/m^2$ dengan nilai tegangan tertinggi terjadi pada bagian ujung poros roda gigi dan ujung bagian dekat piringan. Nilai masih terbilang aman karena nilai tegangan lebih kecil dari nilai batas tegangan material yaitu $4{,}6 \times 10^8\ N/m^2$. Sementara hasil simulasi FEA defleksi sebesar $4{,}026 \times 10^{-3}\ m$ dan hasil simulasi *fatigue failure* menunjukan pada variasi beban 26 ton memiliki *life cycle* terbesar 314.886 dan nilai *life cycle* terkecil terjadi pada variasi beban 35 ton dengan nilai *life cycle* sebesar 46.523.
Kata kunci: *Dump truck*, Analisis Elemen Hingga, Kegagalan Fatik, Beban-berlebih, siklus-hidup.

ABSTRACT

The high number of traffic accidents involving trucks (12%) underscores the urgency of improving the safety of these heavy vehicles. This study is motivated by the frequent incidents due to broken axles or rear axles. To understand this phenomenon, Finite Element Analysis (FEA) simulation was applied to visualize the stress distribution and deformation on the rear axle of a Hino 500 dump truck. This analysis was conducted by varying the load (26-35 tons, including standard and overload loads) with the main objective of identifying stress concentration areas and potential fatigue failure points on the wheel axle. The results showed that the highest stress occurred in the 35 tons load variation with a stress value of $1.76 \times 10^8\ N/m^2$ *with the highest stress value occurring at the end of the gear shaft and the end near the disk. The value is still fairly safe because the stress value is smaller than the material stress limit value of* $4.6 \times 10^8\ N/m^2$*. While the results of the FEA simulation of deflection amounted to* $4.026 \times 10^{-3}\ m$ *and the results of the fatigue failure simulation showed that the 26 tons load variation had the largest life cycle of 314,886 and the smallest life cycle value occurred in the 35 ton load variation with a life cycle value of 46,523.*
Keywords: *Dump truck, Finite Element Analysis, fatigue failure, Overload, life cycle.*

1. PENDAHULUAN

Truk berkontribusi sebesar 12% terhadap total kecelakaan lalu lintas, menunjukkan perlunya perhatian lebih pada keselamatan kendaraan jenis ini [1]. Sering kali terjadi kecelakaan truk akibat as roda belakang yang patah atau poros roda

belakangnya [2]. Berdasarkan pernyataan tersebut, muncul pertanyaan terkait ketahanan dan kekuatan dari truk itu sendiri. Terdapat dua jenis poros penggerak roda utama, yakni poros depan (front axle shaft) dan poros belakang (rear axle shaft). Letak dan fungsinya sebagai penggerak utama akan berbeda-beda tergantung pada jenis penggerak kendaraan, seperti kendaraan roda depan (FF), roda belakang (FR), atau empat roda penggerak (4WD/AWD) [3]. Pada tahun 2014, sejumlah insiden melibatkan patahnya rumah poros belakang (axle housing) pada kendaraan berat, khususnya truk, telah tercatat. Kasus di Tuban, Jawa Timur, mencatat sebuah truk pengangkut pupuk mengalami kecelakaan akibat patahnya rumah poros, sementara di Solo, insiden serupa menimpa truk pengangkut batu akibat kelebihan muatan. Patahnya rumah poros pada truk seringkali disebabkan oleh penggunaan poros mengambang penuh. Jenis poros ini menempatkan seluruh beban kendaraan pada satu titik, yaitu suspensi. Ketika beban melebihi kapasitas desain, konsentrasi gaya yang berlebihan pada titik tumpu ini dapat menyebabkan kegagalan material [4].

Proses kegagalan poros diawali dengan munculnya retak mikro yang kemudian berkembang menjadi retakan makroskopis akibat beban berulang. Hal ini ditandai dengan adanya tanda pada permukaan patahan. Analisis fraktografi juga menunjukkan adanya konsentrasi tegangan lokal yang mempercepat pertumbuhan retak hingga akhirnya menyebabkan komponen tersebut putus. Meskipun material poros memenuhi standar AISI 4140, Berdasarkan analisis penyebab kegagalan poros roda belakang dari fraktografi didapat adanya retakan, lalu mendapatkan pembebanan berulang menyebabkan beachmark dan berlanjut ke daerah akhir ditandai dengan permukaan yang rata yang menandakan penyebab kegagalan karena pembebanan berulang [5]. Kegagalan produk merupakan masalah yang terus berulang, meskipun berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah hal ini. Selain menimbulkan kerugian materi, kegagalan produk juga dapat berdampak negatif pada reputasi perusahaan dan kepuasan pelanggan [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Samlawi, dkk. [3] Kejadian patahnya poros roda belakang pada sebuah truk Hino 500 pada tanggal 19 Januari 2018, setelah beroperasi selama enam tahun, menjadi titik awal penelitian ini. Kerusakan komponen kritis tersebut tidak hanya menimbulkan kerugian materi, namun juga berpotensi mengancam keselamatan dan menimbulkan kerugian non-materi. Oleh karena itu, analisis mendalam diperlukan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan material ini [3]. Penerapan metode elemen hingga telah meluas ke berbagai disiplin ilmu, termasuk rekayasa struktur, transfer panas, aliran fluida, dan potensial listrik. Metode tersebut terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan kompleks yang melibatkan sistem fisik yang kontinu [7].

Finite Element Analysis adalah suatu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial yang mendeskripsikan berbagai fenomena fisis. Dalam konteks rekayasa, FEA sering digunakan untuk menganalisis perilaku struktur, fluida, dan medan panas. Prinsip dasarnya adalah membagi suatu domain kontinu (misalnya, sebuah komponen struktural) menjadi sejumlah elemen hingga yang lebih kecil [8]. Penelitian menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) pada as roda belakang Hino dump truck jarang dilakukan lebih lanjut. Berdasarkan kasus ini, penulis bermaksud mengangkat permasalahan ini dalam skripsi yang dengan judul Analisis Kegagalan Pada As Roda Belakang Dump truck Hino 500 Berbasis Finite Element Analysis. Rento Gadayu, Fuazen memanfaatkan teknik simulasi numerik, penelitian ini akan menganalisis perilaku poros roda mobil Emisia Borneo saat dikenai beban. Model poros akan dibangun menggunakan perangkat lunak analisis elemen, dengan mempertimbangkan sifat material baja AISI 1035 yang meliputi kekuatan luluh, kekuatan tarik, modulus elastisitas, rasio Poisson, massa jenis, dan modulus geser [9]. Finite Element Analysis digunakan juga untuk memprediksi life time atau umur pakai suatu benda, kelelahan (fatigue) adalah kecendrungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan dinamik dan berulang–ulang (cyclic stress) meskipun besarnya beban yang dialami oleh material masih di bawah batas kekuatan tariknya maupun kekuatan luluhnya [10]. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan ini. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting, tetapi sifat ini juga sulit diukur, disebabkan banyaknya banyak faktor yang mempengaruhinya. Salah satu komponen mesin yang mempunyai kemungkinan untuk mengalami kelelahan adalah poros [11]. Akibat beban yang bekerja pada poros, meskipun jauh di bawah tegangan luluhnya, suatu saat poros dapat mengalami kelelahan, apalagi bila poros tersebut mengalami tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan dikarenakan pengecilan diameter seperti pada poros bertangga atau poros mempunyai alur pasak. Selain itu besarnya tegangan yang bekerja pada poros juga berpengaruh terhadap umur fatigue poros [12]. Karenanya, pengujian sifat lelah poros ini merupakan hal yang sangat penting untuk diteliti dan dikaji agar faktor faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan fatik dapat diredam. Penelitian menggunakan Finite Element Analysis (FEA) pada as roda belakang Hino *dump truck* jarang dilakukan lebih lanjut. Berdasarkan kasus-kasus tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menelaah mengenai kegagalan yang terjadi pada as roda belakang *dump truck* tipe Hino 500 dengan menggunakan analisis elemen hingga.

2. METODOLOGI PENELITIAN

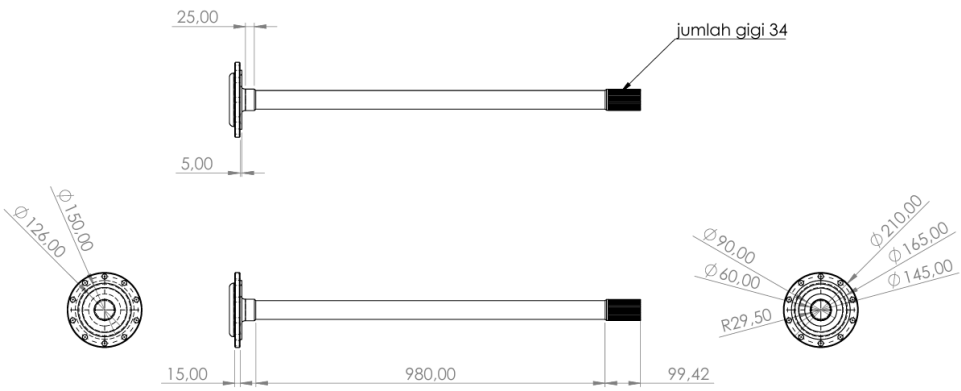
Pada proses FEA beberapa aspek prosedur yang perlu dilakukan, yaitu meliputi pemilihan material dan *meshing*. Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada analisis poros roda belakang Hino *dump truck* Hino 500 menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA), pengujian di lakukan untuk mengusulkan perbaikan material as roda untuk meningkatkan

ketahanan terhadap kegagalan. Menganalisis distribusi tegangan dan deformasi pada model as roda saat dikenai beban operasi. Berikut tahapan penelitian yang di lakukan untuk memperoleh tujuan yaitu mendapatkan hasil dari analisis poros roda belakang dump truck Hino 500 menggunakan FEA meliputi:

1. Pemilihan material poros roda belakang untuk kebutuhan analisis desain menggunakan Software Solidworks 2020 dan pembuatan desain poros roda belakang dengan material properties tertera pada Tabel 1. Desain poros dapat dilihat pada Gambar 1.

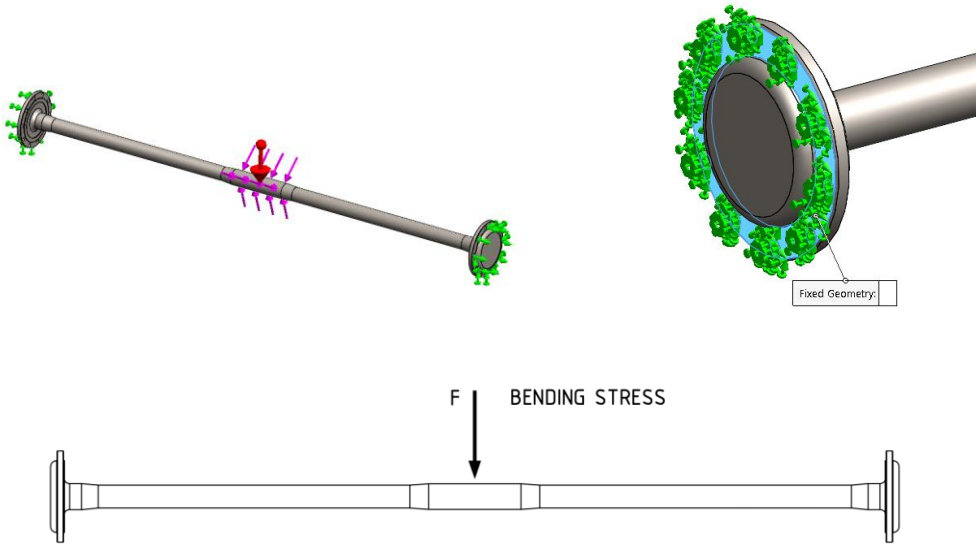
Tabel 1. Material Properties AISI 4130 [13,14].

Material	AISI 4130 Steel
Density (kg/m^3)	*7850*
Modulus Elastisitas (GPa)	*205*
Yield Strength (MPa)	*460*
Ultimate Tensile Strength (MPa)	*731*
Poisson's Ratio	*0.285*



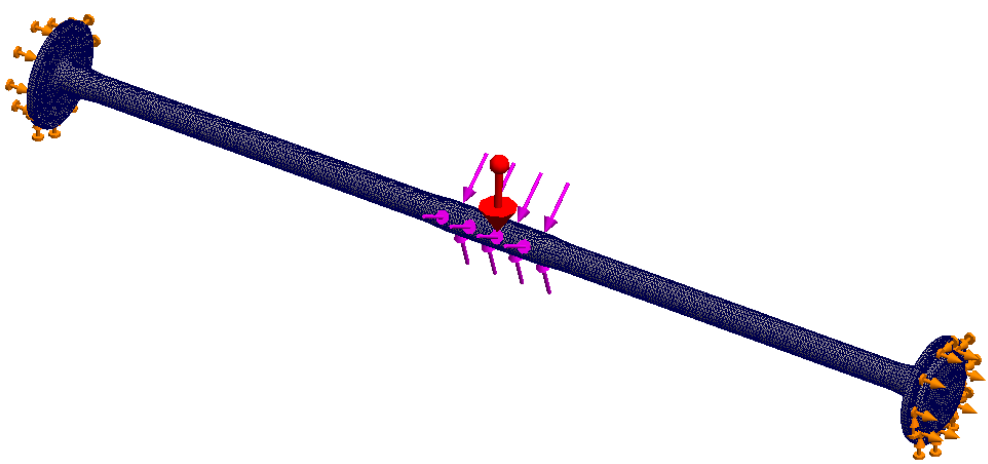
Gambar 1. Desain poros Hino 500 *dump truck* dalam satuan milimeter.

Fixed geometry bagian ini menunjukkan area pada komponen yang dianggap tetap dan tidak mengalami perpindahan. Pengaturan *fixed geometry* untuk simulasi FEA dapat dilihat pada Gambar 2. Panah-panah berwarna ungu menunjukkan arah dan titik aplikasi gaya yang diberikan pada komponen area tersebut merupakan area penampang beban. Selanjutnya pengaturan nilai dan arah gravitasi dengan nilai gravitasi $9{,}81\ m/s$. setelah nilai gravitasi diatur, selanjutnya mengatur distribusi massa pada poros dengan nilai massa (kg) sesuai pada variasi beban, yaitu mengatur pembebanan (*force*). Arah pembebanan yaitu pada arah minus z (bawah) untuk mensimulasikan pembebanan ke bawah yang diterima oleh as pada *dump truck*.



Gambar 2. *Fixed geometry* (panah hijau) pada desain poros Hino 500 *dump truck* serta ilustrasi pembebanan pada poros.

2. *Meshing* merupakan proses dimana geometri secara menyeluruh di bagi bagi menjadi elemen elemen yang sudah terbagi. Elemen elemen kecil ini yang nantinya akan mengontrol *surface* atau volume perhitungan terhadap proses pengujian yang nantinya elemen elemen ini akan menjadi input untuk hasil pengujian dengan nilai mesh standar 7.3 mm. Ilustrasi pengaturan *meshing* pada poros dapat dilihat pada Gambar 3. Jenis mesh yang digunakan ada tetrahedron 3D *solid mesh*.



Gambar 3. Meshing pada simulasi poros Hino 500 *dump* truck dengan jenis mesh tetrahedron 3D solid mesh pada FEA.

Setelah semua data yang diperlukan telah diinput, simmulasi dapat dilakukan untuk melakukan pengujian pembebanan statis pada poros roda Hino 500 *dump truck* di mana hasil simulasi adalah berupa nilai tegangan, defleksi dan nilai *safety factor*.

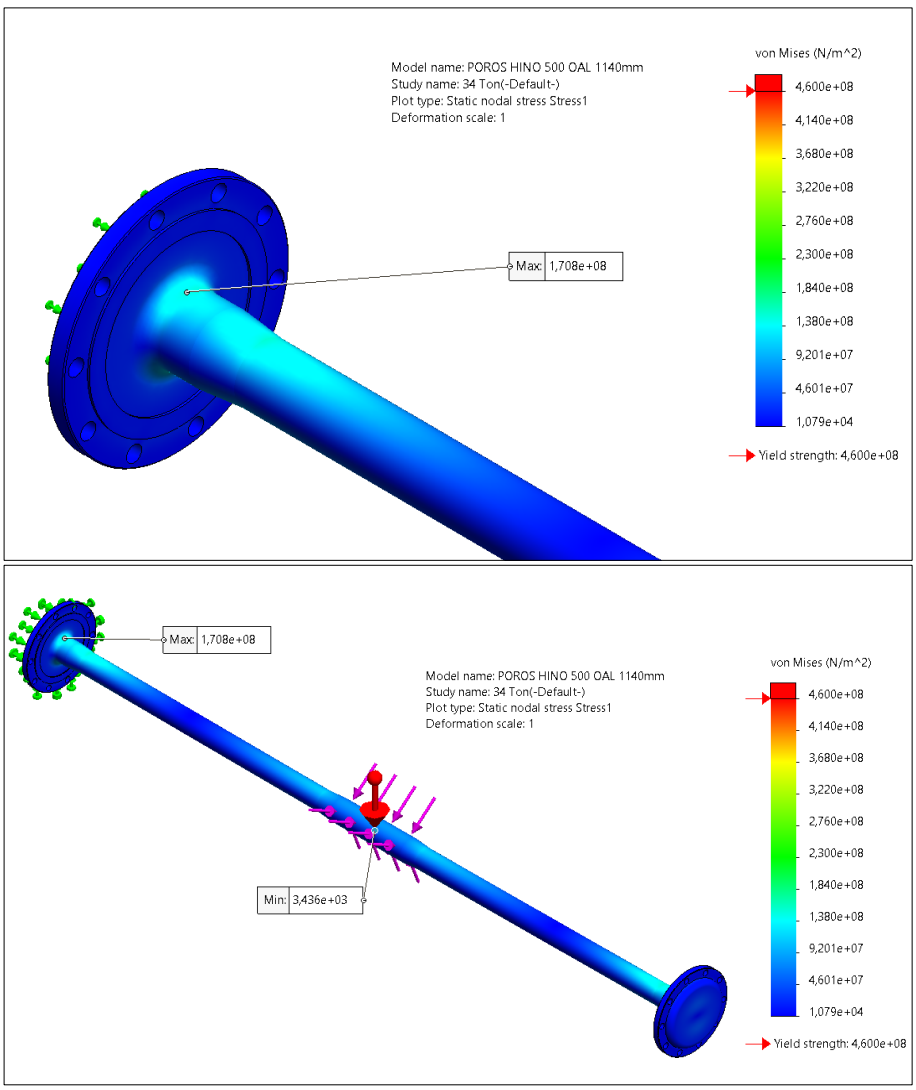
Studi sebelumnya menekankan bahwa beban berlebih (misalnya, muatan 7.5 ton) pada truk Hino 500 atau distribusi beban tidak merata merupakan penyebab utama kegagalan [15]. Oleh sebab itu, studi mengenai poros, khususnya pada truk

dengan beban berat menjadi penting dilakukan, termasuk melalui berbagai skema simulasi yang mengizinkan pembebanan ekstrim untuk melihat perilaku poros tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil simulasi nilai tegangan berdasarkan variasi beban

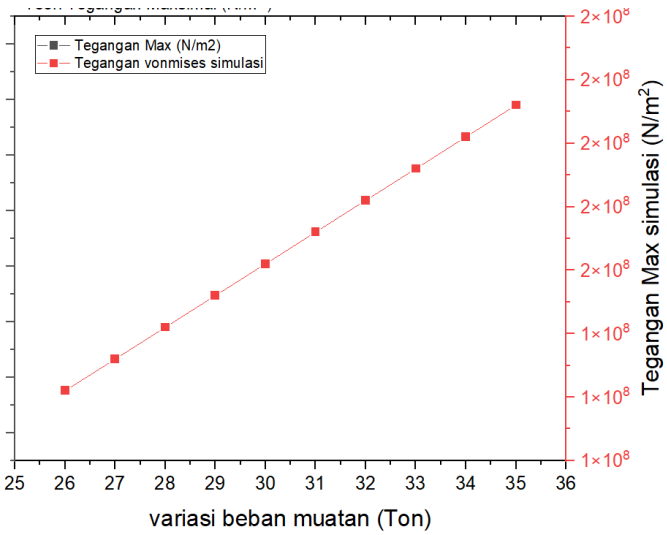
Nilai tegangan yang didapat dari hasil simulasi terhadap beberapa variasi pembebanan pada poros roda Hino 500 dump truck akan mendapatkan nilai tegangan minimum dan nilai tegangan maksimum yang di tandai dengan warna biru sebagai nilai minimum dan warna merah sebagai nilai maksimum dengan skala warna merah disamakan pada setiap variasi beban. Hasil simulasi dengan skala warna dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil simulasi tegangan pada variasi beban 35 ton.

Pada hasil simulasi FEA, tegangan Von misses tertinggi terkonsentrasi pada daerah roda gigi dan kedua ujung poros dengan nilai tegangan maksimum $1{,}757 \times 108\ N/m^2$, dan tegangan minimum $3{,}810 \times 10^3\ N/m^2$. Ini adalah temuan yang umum, karena alur kunci merupakan diskontinuitas geometri yang menyebabkan konsentrasi tegangan, Berdasarkan hasil simulasi, tegangan maksimum yang terjadi $1{,}835 \times 108\ N/m^2$ masih berada di bawah batas elastis material ($4{,}6 \times 10^8\ N/m^2$). Ini mengindikasikan bahwa poros secara simulasi masih aman terhadap beban yang diberikan. Warna pada bagian permukaan roda gigi sedikit mengalamai perubahan dibandingkan dengan hasil simulasi beban variasi lebih

rendah, warna menandakan kenaikan nilai tegangan di area roda gigi. Potensi kegagalan pada daerah roda gigi merupakan titik kritis yang paling berpotensi mengalami kegagalan akibat kelelahan. Hasil dari simulasi akan di sajikan pada Gambar 5.

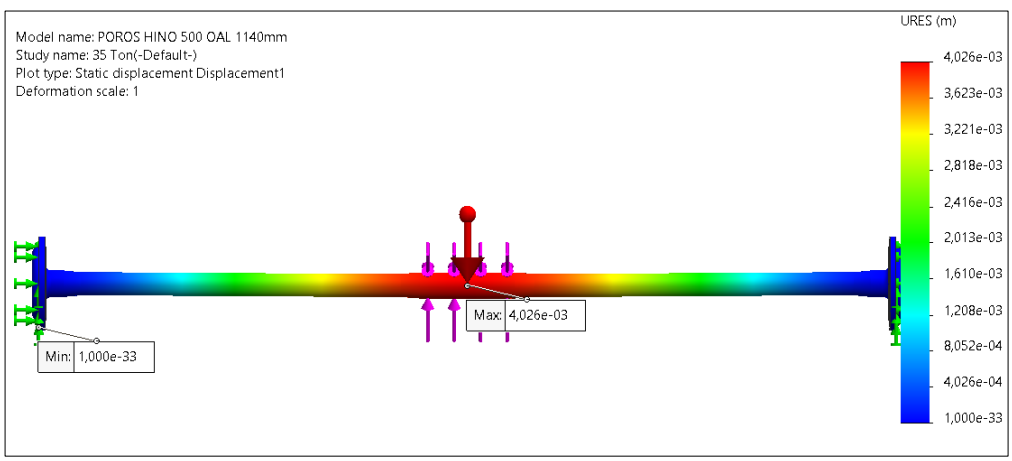


Gambar 5. Grafik perbandingan perhitungan FEA.

Peningkatan tegangan seiring dengan peningkatan beban. Ini menunjukkan bahwa secara umum, kedua metode memberikan hasil yang konsisten dalam memprediksi peningkatan tegangan akibat peningkatan beban. Simulasi FEA umumnya lebih baik dalam menangkap efek konsentrasi tegangan pada daerah-daerah dengan geometri yang kompleks, seperti lubang atau *fillet*.

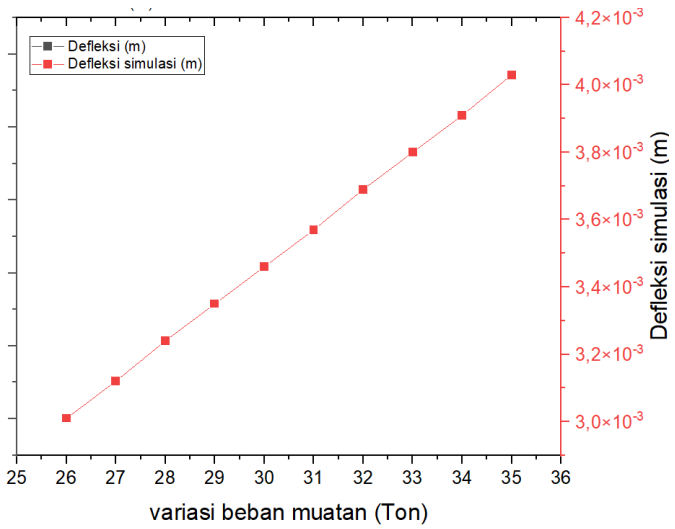
3.2 Hasil simulasi defleksi berdasarkan variasi beban

Defleksi merupakan perubahan bentuk/lendutan pada struktur. Perubahan bentuk yang terjadi diakibatkan dari pembebanan yang di tahan terhadap pada titik *fixture* atau titik tumpu sebuah rangka. Semakin berat beban yang di ujikan maka semakin tinggi perubahan bentuk rangka. Hasil simulasi defleksi dengan skala warna dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil simulasi defleksi poros belakang Hino 500 *dump truck* variasi beban 35 ton.

Hasil dari simulasi defleksi pada variasi beban 35 ton menunjukan bahwa daerah berwarna merah menunjukkan area dengan defleksi maksimum dengan nilai defleksi sebesar $4{,}026 \times 10^{-3}\ m$, pada kasus ini terjadi di sekitar titik tengah poros. Besarnya defleksi maksimum dapat dilihat pada skala warna di sebelah kanan gambar dengan nilai defleksi minimmun sebesar $1{,}000 \times 10^{-3}\ m$. Hasil dari simulasi disajikan pada Gambar 6.

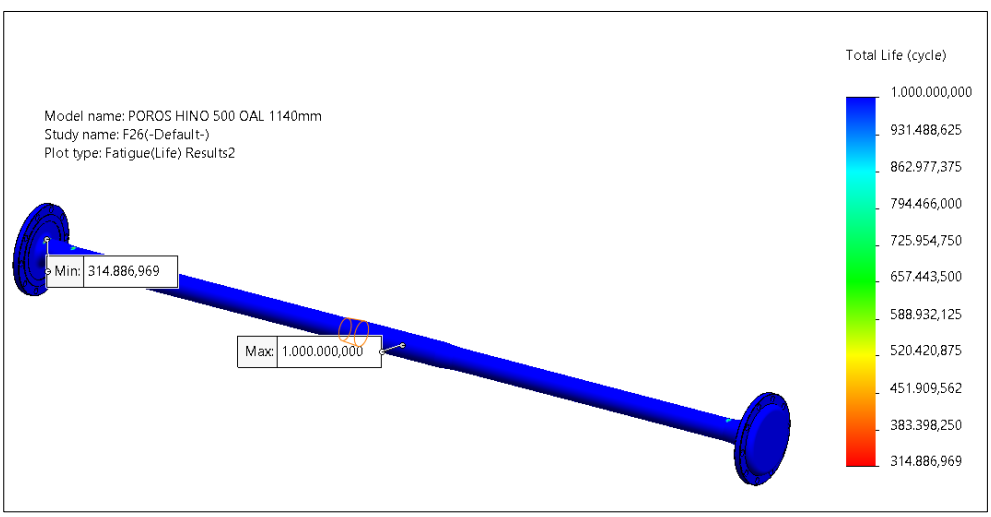


Gambar 6. Grafik hasil simulasi defleksi.

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan tren yang serupa, yaitu nilai defleksi meningkat seiring dengan peningkatan beban. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi FEA berhasil menangkap perilaku dasar struktur ketika diberi beban.

3.3 Hasil simulasi *fatigue failure*

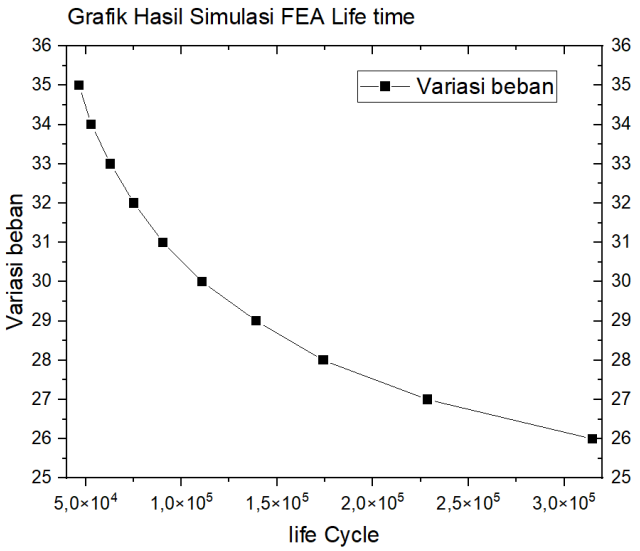
Simulasi FEA memberikan gambaran visual yang sangat jelas mengenai *life cycle* (*fatigue life*) pada desain poros Hino 500. Terdapat perbedaan yang sangat mencolok pada jumlah siklus beban yang dapat ditahan oleh berbagai bagian poros sebelum mengalami kegagalan akibat lelah. Bagian poros dengan warna biru tua memiliki siklus hidup yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian yang berwarna merah sebagaimana tertera pada Gambar 7.



Gambar 7. Titik minimal *life cycle* pada pembebanan 35 ton.

Dengan nilai *maximal life cycle* mencapai $1{,}00 \times 10^6$ diperkirakan dengan beban 26 ton dengan 30000 *load*, pada daerah merah umur poros nilai minimum menunjukkan bahwa ada area yang hanya diperkirakan dapat bertahan hingga sekitar 314.886 siklus. Area dengan warna merah (nilai minimum) mengindikasikan area kritis pada poros yang paling rentan terhadap kerusakan akibat *fatigue*. Area ini perlu mendapatkan perhatian khusus karena berpotensi menjadi sumber kegagalan komponen

Berdasarkan hasil simulasi tegangan Von misses daerah merah yang ditunjukan pada simulasi *life cycle* adalah daerah yang mendapatkan tegangan tertinggi. Hasil ini menunjukan bahwa daerah dengan *life cycle* rendah adalah daerah dengan tegangan Von misses tertinggi. Hasil dari simulasi *life cycle* disajikan pada pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perubahan *life cycle* terhadap variasi pembebanan.

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan hubungan antara jumlah siklus beban (*life cycle*) yang dapat ditahan oleh poros Hino 500 dump truck terhadap variasi beban yang diterapkan. Semakin besar variasi beban yang diberikan, semakin sedikit jumlah siklus beban yang dapat ditahan oleh komponen tersebut sebelum mengalami kegagalan. Ini adalah hubungan yang umum ditemukan dalam analisis ketahanan lelah (*fatigue*). Kurva yang dihasilkan tidak linear, menunjukkan bahwa hubungan antara variasi beban dan *life cycle* tidaklah sederhana. Terdapat suatu titik di mana peningkatan variasi beban akan menyebabkan penurunan yang sangat signifikan pada *life cycle*. Hasil seperti ini mirip dengan riset yang dilakukan Ranjan, dkk., [16] dan Lowrie, dkk., [17], di mana salah satu yang bisa dilakukan untuk menambah nilai *life cycle* adalah dengan mengganti jenis material yang digunakan atau paling tidak dilakukan pemrosesan lebih lanjut terhadap material as tersebut.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan adanya konsentrasi tegangan yang signifikan pada beberapa area kritis poros, terutama pada ujung roda gigi, pada area transisi diameter. Konsentrasi tegangan ini merupakan titik lemah yang berpotensi menjadi awal terjadinya retak dan kegagalan material akibat kelelahan dengan nilai tegangan tertinggi maksimal terjadi pada simulasi 35 ton $1{,}757 \times 108\ N/m^2$ sementara tegangan maksimal terendah terjadi pada simulasi 26 ton sebesar $1{,}313 \times 108\ N/m^2$. Daerah dengan konsentrasi tegangan tinggi umumnya juga mengalami defleksi yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut lebih rentan terhadap perubahan bentuk permanen dengan nilai defleksi tertinggi mencapai $4{,}026 \times 10^{-3}\ m$ dan defleksi terendah mencapai $3{,}009 \times 10^{-3}\ m$. Sejalan dengan hal tersebut, nilai *life cycle* minimal pada pembebanan terendah dan tertinggi, yaitu masing-masing 26 ton dan 35 ton, sebesar *314.886* dan *46.623*. Hal ini senada dengan studi yang dilakukan elah Fauzan dkk. [18] yaitu nilai maksimum melebihi ambang batas yang diperbolehkan berdasarkan spesifikasi material yang digunakan, terutama yang berkaitan dengan tegangan geser Von misses. Fenomena tersebut adalah normal karena semakin besar variasi beban semakin besar defleksi dan semakin kecil *life cycle*-nya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. A. Maulidya, "Jurnal Penelitian Transportasi Darat," *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, vol. 20, no. 1, pp. 17–32, 2018.

[2] M. Syahrail, "Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang Kendaraan," *Majalah Metalurgi*, vol. 28, no. 2, pp. 139–148, 2013.

[3] A. K. Samlawi and S. R. Firdaus, "Fracture Analysis of Rear Axle Shaft Vehicles Truck HINO 500," vol. 17, pp. 6–12, 2018.

[4] F. Wahyu and E. Muthoriq, "Analisis Kekuatan Axle Belakang Kendaraan Truk Berbasis Software Solidwork," pp. 6–8, 2015.
[5] W. A. Pratama and H. Isworo, "Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang (Studi Kasus) Pada Truk X," *Jtam Rotary*, vol. 4, no. 2, p. 102, 2022, doi: 10.20527/jtam_rotary.v4i2.6664.
[6] D. W. Karmiadji, "Optimasi Disain: Material, Komponen, Konstruksi. Teori dan Aplikasi.," in *Engineering clinic*, 2011.
[7] D. Djumhariyanto, "Analisa Tegangan Poros Roda Mobil Listrik Dengan Metode," *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 8–14, 2016.
[8] M. Yetmez, "Finite element analysis," *Musculoskeletal Research and Basic Science*, pp. 51–59, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-20777-3_4.
[9] E. J. Rento Gadayu*, Fuazen, "Kata kunci:," vol. 19, no. 1, pp. 33–37, 2023.
[10] C. W. dan R. DG., "Materials science and engineering (Vol. 5).," in *Materials science and engineering (Vol. 5)*., NY: John wiley & sons, 2011, pp. 72–8w.
[11] M. Fitri, "Pengaruh Beban Lentur Pada Poros Stainless Steel Terhadap Siklus Kegagalan Fatik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 3, p. 149, 2020, doi: 10.22441/jtm.v9i3.9877.
[12] T. C. Wahyudi and E. Nugroho, "Hubungan Siklus Putaran Dan Beban Terhadap Kekuatan Bahan Pada Uji Fatik Bending," *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, 2014, doi: 10.24127/trb.v3i1.23.
[13] R. Gukendran, R. Parameshwaran, and K. Ponappa, "Characterization of case hardened AISI 4130 steel using eddy current testing," *Archives of Metallurgy and Materials*, vol. 62, no. 3, 2017, doi: 10.1515/amm-2017-0277.
[14] X. Li *et al.*, "Heterogeneously tempered martensitic high strength steel by selective laser melting and its micro-lattice: Processing, microstructure, superior performance and mechanisms," *Mater Des*, vol. 178, 2019, doi: 10.1016/j.matdes.2019.107881.
[15] W. A. Pratama and H. Isworo, "ANALISA KEGAGALAN POROS RODA BELAKANG (STUDI KASUS) PADA TRUK X," *JTAM ROTARY*, vol. 4, no. 2, pp. 102–114, 2022.
[16] A. Ranjan, R. R. Mutra, Y. Kirty, J. Srinivas, M. Norhisham, and D. M. Reddy, "Study and failure analysis of non-drive automotive rear axle of heavy commercial vehicle," *Int J Heavy Veh Syst*, vol. 30, no. 1, 2023, doi: 10.1504/IJHVS.2023.131981.
[17] J. Lowrie, H. Pang, and G. Ngaile, "Weight reduction of heavy-duty truck components through hollow geometry and intensive quenching," *J Manuf Process*, vol. 28, 2017, doi: 10.1016/j.jmapro.2017.04.021.
[18] Fauzan, Husaini, and N. Ali, "The Finite Element Method Simulation of Rear Driveshaft Failure in Trucks," in *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2024. doi: 10.1007/978-981-99-7495-5_21.