



Simulasi Distribusi Tegangan dan Deformasi pada Sasis Truk *Light Duty* dengan Variasi Panjang Rangka Sisi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Ethys Pranoto^{1*}, Gunawan¹, Rifano¹, Ery Muthoriq¹ dan Siti Shofiah¹

Sitasi: Pranoto, Ethys; Gunawan; Rifano; Muthoriq, Ery; Shofiah, Siti.

(2026). Simulasi Distribusi Tegangan dan Deformasi pada Sasis Truk *Light Duty* dengan Variasi Panjang Rangka Sisi Menggunakan Metode Elemen Hingga. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(5) N(1), hlm. 69 – 77.



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

¹ Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Jalan Abdul Syukur No. 17 Tegal, Indonesia;

* Korespondensi: ethys@pkjtj.ac.id

Abstract: *In the field of freight transportation, changes to vehicle structures, particularly in the chassis length dimension, are commonly carried out to increase load-carrying capacity. One form of such change involves extending the frame length and adjusting the wheelbase in commercial vehicles with a 1.2 axle configuration. Although this approach can increase the volume of cargo that can be transported, alterations in structural dimensions have the potential to affect the load distribution contour on the vehicle frame. An uneven load distribution may lead to increased stress in certain areas, greater deformation, and a reduction in the structural safety level, which can ultimately affect the reliability and operational safety of the vehicle. This study aims to examine the effect of chassis length variations on the characteristics of the load distribution contour in freight transport vehicles with a 1.2 axle configuration. The analysis focuses on evaluating changes in stress, deformation, and the safety factor of the frame structure resulting from variations in chassis length and wheelbase adjustments. The approach used is a numerical simulation based on the Finite Element Method, utilizing software to model and evaluate the structural response of the chassis frame under loading conditions. The simulation results show that an extension of the chassis length, accompanied by changes in wheelbase position, leads to higher displacement and stress distribution in the chassis frame. The extension of the chassis side frame structure leads to an increase in stress values, which even exceed the material's yield strength, with a maximum value reaching approximately 3709 MPa. In addition, the displacement reaches up to 81 mm, indicating increased frame deflection. Therefore, any changes in chassis dimensions must be designed by carefully considering load distribution and overall structural strength in order to maintain the reliability and safety of freight vehicles.*

Keywords: *chassis length, load distribution, finite element method, stress distribution, freight vehicle chassis*

Abstrak: Bidang transportasi barang, perubahan pada struktur kendaraan, khususnya pada dimensi panjang rangka sisi sasis, sering dilakukan untuk meningkatkan kapasitas angkut. Salah satu bentuk perubahan tersebut adalah panjang rangka sisi sasis yang memanjang serta penyesuaian jarak sumbu roda pada kendaraan niaga dengan konfigurasi sumbu 1.2. Meskipun langkah ini dapat meningkatkan volume muatan yang dapat diangkut, perubahan dimensi struktural tersebut berpotensi memengaruhi kontur distribusi beban pada rangka kendaraan. Ketidakseimbangan distribusi beban dapat menyebabkan peningkatan tegangan pada area tertentu, deformasi yang lebih besar, serta penurunan tingkat keamanan struktur, yang pada akhirnya dapat berdampak pada keandalan dan keselamatan operasional kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi panjang rangka sisi sasis terhadap karakteristik kontur distribusi beban pada kendaraan angkutan barang dengan konfigurasi sumbu 1.2. Kajian difokuskan pada analisis perubahan tegangan, deformasi, serta faktor keselamatan struktur rangka akibat variasi panjang rangka sisi sasis dan perubahan jarak sumbu roda. Pendekatan yang digunakan adalah simulasi numerik berbasis Metode Elemen Hingga dengan memanfaatkan perangkat lunak untuk memodelkan serta mengevaluasi respons struktural rangka sasis terhadap kondisi pembebanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sasis yang makin memanjang disertai dengan perubahan posisi jarak sumbu roda menyebabkan kenaikan perpindahan dan distribusi tegangan pada rangka sasis.

Penambahan panjang rangka sisi sasis struktur menyebabkan bertambahnya nilai tegangan yang muncul bahkan melampaui batas tegangan luluh material, dengan nilai maksimum mencapai sekitar 3709 MPa. Selain itu, nilai perpindahan hingga 81 mm, yang menunjukkan peningkatan defleksi rangka. Oleh karena itu, perubahan dimensi sasis perlu dirancang dengan mempertimbangkan distribusi beban dan kekuatan struktur secara menyeluruh guna menjaga keandalan serta keselamatan kendaraan angkutan barang.

Kata kunci: panjang rangka sisi sasis, distribusi beban, metode elemen hingga, distribusi tegangan, sasis kendaraan barang.

1. Pendahuluan

Kendaraan angkutan barang merupakan salah satu komponen penting dalam sistem logistik dan distribusi nasional. Perannya sangat vital dalam mendukung mobilitas komoditas dari pusat produksi menuju wilayah konsumsi maupun distribusi antarwilayah. Di Indonesia, moda transportasi jalan raya masih menjadi tulang punggung dalam kegiatan distribusi barang. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sekitar 75,3% aktivitas pengangkutan barang masih bergantung pada transportasi darat. Tingginya ketergantungan terhadap moda transportasi jalan raya menjadikan aspek keandalan, efisiensi, serta keselamatan operasional kendaraan sebagai faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Selain mendukung kelancaran rantai pasok, faktor-faktor tersebut juga berperan dalam menjaga keberlanjutan infrastruktur jalan serta meminimalkan risiko kecelakaan yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi maupun sosial.

Salah satu komponen utama kendaraan angkutan barang yang berpengaruh besar terhadap performa dan keselamatan kendaraan adalah rangka landasan atau sasis (*chassis frame*). Sasis berfungsi sebagai struktur utama yang menopang seluruh komponen kendaraan, termasuk sistem penggerak, kabin, serta muatan yang diangkut. Selain itu, sasis juga berperan dalam mendistribusikan beban kendaraan ke sistem suspensi dan roda sehingga beban dapat diteruskan ke permukaan jalan secara merata. Dalam proses perancangan kendaraan, karakteristik geometris rangka, khususnya panjang sasis, merupakan parameter penting yang memengaruhi distribusi beban statis maupun dinamis, kekakuan struktural, serta respons mekanis kendaraan selama beroperasi. Ukuran dimensi rangka sasis memiliki pengaruh langsung terhadap bentuk dan ukuran bodi kendaraan [1]. Perubahan panjang atau lebar sasis tidak hanya menentukan proporsi berat bodi, tetapi juga memengaruhi distribusi berat kendaraan keseluruhan yang diteruskan ke sasis.

Pada umumnya, rangka kendaraan barang dibuat dari material baja struktural yang memiliki kekuatan dan ketahanan tinggi terhadap berbagai kondisi pembebanan. Selama masa operasionalnya, sasis harus mampu menahan beban statis akibat muatan yang diangkut serta beban dinamis yang timbul akibat getaran, percepatan, maupun kondisi jalan yang tidak rata. Jika struktur sasis tidak dirancang dengan baik, kegagalan struktur dapat terjadi dan berpotensi menyebabkan kecelakaan yang fatal serta kerugian ekonomi yang signifikan. Oleh karena itu, analisis kekuatan dan evaluasi kinerja struktural rangka kendaraan menjadi bagian penting dalam proses perancangan maupun pengembangan kendaraan angkutan barang.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk menganalisis perilaku struktur rangka kendaraan adalah Metode Elemen Hingga (MEH). Metode ini memungkinkan dilakukannya simulasi numerik terhadap respons struktur akibat berbagai kondisi pembebanan sehingga distribusi tegangan, deformasi, serta titik-titik kritis pada struktur dapat diidentifikasi secara lebih akurat. Penerapan metode MEH melalui perangkat lunak berbasis CAD dan CAE memberikan keuntungan dalam hal efisiensi waktu analisis, peningkatan akurasi hasil simulasi, serta penghematan biaya dibandingkan dengan metode eksperimental yang memerlukan pembuatan prototipe fisik [2]. Penggunaan pendekatan matematis yang didasarkan pada teori dan parameter dari literatur teknis memungkinkan perhitungan gaya dilakukan secara terstruktur, sehingga menghasilkan data yang akurat dan berguna untuk evaluasi desain [3].

Dalam praktik operasional di lapangan, kendaraan angkutan barang sering mengalami penyesuaian desain untuk meningkatkan kapasitas angkut maupun menyesuaikan kebutuhan operasional tertentu. Salah satu bentuk penyesuaian yang umum dilakukan adalah memanjangkan panjang rangka sisi (*side frame*) sasis kendaraan. Perubahan dimensi tersebut dapat memberikan keuntungan dalam hal peningkatan volume muatan yang dapat diangkut. Namun demikian, perubahan panjang rangka sisi sasis juga berpotensi memengaruhi distribusi beban pada struktur rangka, meningkatkan momen lentur, serta mengubah karakteristik respons struktural kendaraan secara keseluruhan. Tanpa analisis yang memadai, perubahan tersebut dapat menurunkan kekakuan struktur, meningkatkan konsentrasi

tegangan pada titik-titik tertentu, bahkan menyebabkan kegagalan struktur sasis. Selain itu, distribusi beban yang tidak merata juga dapat menimbulkan berbagai permasalahan operasional seperti ketidakseimbangan kendaraan, keausan ban yang tidak seragam, peningkatan konsumsi bahan bakar, serta risiko kerusakan struktural pada kendaraan [4].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah memanfaatkan metode elemen hingga untuk menganalisis serta mengoptimalkan struktur rangka kendaraan. Penelitian yang dilakukan menggunakan simulasi numerik untuk mengevaluasi rangka kendaraan listrik roda tiga niaga dengan mempertimbangkan variasi material dan kondisi pembebanan guna memperoleh konfigurasi struktur yang optimal [5]. Penelitian lain menitikberatkan pada analisis distribusi tegangan geser, tegangan ekuivalen *von Mises*, serta deformasi maksimum pada sasis truk di bawah kondisi pembebanan tinggi [6], [7]. Selain itu, beberapa penelitian juga melakukan optimasi desain rangka kendaraan dengan mempertimbangkan nilai defleksi maksimum sebagai parameter utama dalam memastikan kekuatan dan keamanan struktur sasis [8], [9].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut lebih berfokus pada evaluasi tegangan, deformasi, maupun optimasi material dan geometri penampang pada konfigurasi rangka standar. Kajian yang secara khusus menganalisis pengaruh perubahan dimensi geometris rangka, terutama variasi panjang rangka sisi sasis yang diikuti dengan perubahan jarak sumbu roda, masih relatif terbatas. Selain itu, beberapa penelitian umumnya hanya menganalisis satu konfigurasi panjang rangka sisi rangka tanpa melakukan perbandingan terhadap beberapa variasi panjang rangka sisi sasis yang berbeda. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemahaman mengenai pengaruh variasi panjang rangka sisi sasis terhadap distribusi tegangan, deformasi struktural, serta karakteristik distribusi beban pada kendaraan angkutan barang masih memerlukan kajian yang lebih mendalam.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, studi ini berupaya memberikan kontribusi melalui analisis numerik terhadap beberapa variasi panjang rangka sisi sasis pada rangka kendaraan angkutan barang menggunakan metode elemen hingga. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi distribusi tegangan dan deformasi struktur, tetapi juga mengkaji perubahan respons mekanis rangka yang terjadi akibat variasi panjang rangka sisi sasis dan penyesuaian jarak sumbu roda. Dengan pendekatan simulasi berbasis MEH yang terintegrasi dengan perangkat lunak CAD dan CAE, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh perubahan dimensi rangka terhadap kinerja struktural sasis kendaraan.

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi panjang rangka sisi sasis truk *light duty* terhadap distribusi tegangan, deformasi, serta karakteristik respons struktural pada sasis kendaraan angkutan barang. Penelitian ini lebih berfokus pada pengaruh panjang rangka sisi sasis truk *light duty*, yang menjadi pembeda dengan penelitian FEM sasis sebelumnya yang umumnya berfokus pada variasi material atau pembebanan, studi ini secara khusus mengeksplorasi pengaruh panjang rangka sisi sasis truk *light duty* terhadap respons struktural baik tegangan maupun deformasi yang diakibatkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain, modifikasi, serta optimasi struktur rangka kendaraan sehingga mampu memenuhi aspek kekuatan struktural, keselamatan operasional, dan kesesuaian terhadap standar teknis yang berlaku.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi numerik untuk menganalisis pengaruh perubahan panjang rangka sisi sasis truk terhadap distribusi beban dan respons struktural rangka. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga guna mengevaluasi tegangan, deformasi, dan karakteristik distribusi gaya pada struktur sasis.

Objek penelitian berupa model struktur sasis truk berbahan baja karbon rendah dengan penampang U-channel. Dua variasi model sasis digunakan sebagai objek analisis, yaitu sasis Light Duty (LD) sebagai model standar (Model A) ditunjukkan pada Gambar 1 dan sasis Light Duty Long (LDL) sebagai model dengan panjang rangka yang diperpanjang (Model B). Perbedaan utama kedua model terletak pada panjang rangka sisi dan jarak sumbu roda, sementara parameter lain dijaga tetap untuk memastikan konsistensi perbandingan.



Gambar 1. Rangka sasis model A

Sasis ini dirancang untuk diaplikasikan pada kendaraan angkutan barang dengan karakteristik muatan menengah namun memiliki kapasitas volume yang besar. Jenis bodi kendaraan yang direkomendasikan untuk penggunaan sasis ini meliputi bodi boks, boks berpendingin, tangki, bak terbuka, los bak, serta truk *crane*. Dalam proses pemodelan, aspek utama yang perlu diperhatikan adalah dimensi kendaraan secara keseluruhan. Dimensi utama sasis kendaraan model A dan B ditunjukkan pada Tabel 1.

Model sasis dibuat menggunakan perangkat lunak CAD. Dalam pembuatan model, dilakukan penyederhanaan pada beberapa bagian, sehingga tidak semua lubang rivet atau baut pada batang longitudinal, plat lakop, serta sambungan rivet dan baut digambarkan. Model yang digunakan untuk simulasi ditampilkan pada Gambar 1.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah panjang rangka sisi sasis. Variabel terikat meliputi distribusi beban, tegangan maksimum (*von Mises stress*), dan lendutan (*displacement*) rangka sasis. Variabel kontrol mencakup jenis material sasis, besar beban muatan, kondisi tumpuan roda, serta dimensi penampang rangka.

Tabel 1. Ukuran utama kendaraan model A dan B

Ukuran Utama	Model A	Model B	Perbedaan
Panjang total, mm	6345	7185	840
Lebar total, mm	1870	1870	
Tinggi total, mm	2140	2140	
Jarak sumbu roda, mm	3380	4000	620
Julur depan, mm	1065	1065	
Julur belakang, mm	1900	2120	220

Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan simulasi numerik. Studi literatur digunakan untuk memperoleh landasan teori terkait mekanika struktur rangka kendaraan dan pengaruh perubahan panjang rangka sisi sasis terhadap distribusi beban. Simulasi FEM dilakukan menggunakan perangkat lunak CAE dengan pembebanan statis yang merepresentasikan daya angkut maksimum kendaraan. Beban muatan diaplikasikan secara merata pada permukaan bak kendaraan.

Hasil simulasi dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan kedua model sasis berdasarkan nilai tegangan ekuivalen (*von Mises*) dan perpindahan maksimum. Selain itu, hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk kontur tegangan dan deformasi untuk mengidentifikasi distribusi gaya serta lokasi kritis yang berpotensi mengalami kegagalan struktural.

Material rangka sasis dimodelkan sebagai baja paduan dengan sifat mekanis dan fisik yang meliputi modulus elastisitas, rasio Poisson, massa jenis, tegangan luluh (*yield strength*), dan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Properti material ini digunakan sebagai parameter masukan dalam simulasi FEM untuk merepresentasikan respons struktur terhadap pembebanan secara realistis. Adapun sifat-sifat mekanis material baja paduan ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Kondisi kontak antar komponen rangka didefinisikan sebagai *bonded contact*, yang mengasumsikan seluruh permukaan kontak terikat secara permanen tanpa adanya pergeseran atau pemisahan. Pendekatan ini merepresentasikan sambungan las atau sambungan tetap pada struktur rangka. Kondisi batas diterapkan pada titik tumpuan roda untuk mensimulasikan interaksi antara sasis dan sistem roda kendaraan.

Tabel 2. Sifat mekanis alloy steel

Sifat	Nilai, satuan
Modulus Elastisitas	210 GPa
Rasio Poisson	0,28
Massa Jenis	7700 kg.m ⁻³
Tegangan Luluh	620 MPa
Tegangan Tarik	720 MPa

Tumpuan berfungsi untuk membatasi derajat kebebasan (*DoF*) suatu objek agar dapat merepresentasikan kondisi fisik yang sebenarnya, dengan mengatur perpindahan maupun rotasi sasis. Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis

tumpuan, yaitu engsel (*hinge*) dan rol (*roller*). Tumpuan engsel memungkinkan sasis berputar pada satu sumbu tertentu, namun menahan pergerakan linear, dan diterapkan pada *bracket* depan serta belakang sasis. Sementara itu, dua *bracket* yang berada di antara *bracket* depan dan belakang didefinisikan sebagai rol. Tumpuan rol membatasi pergerakan vertikal dan lateral sasis, namun tetap memungkinkan pergerakan sepanjang arah longitudinal.

Beban merupakan gaya yang bekerja pada struktur, dalam hal ini sasis. Pada penelitian ini, fokus diberikan pada analisis beban statis, yang terdiri dari berat kendaraan kosong dan berat muatan. Data mengenai berat kendaraan diperoleh berdasarkan spesifikasi produk, yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Berat sasis model A dan B

	Model A	Model B
Berat kosong, kg	2147	2255
Gross Vehicle Weight Rating (GVWR), kg	7000	7000
Konfigurasi Roda	4 × 2	4 × 2
Berat muatan, kg	4850	4745

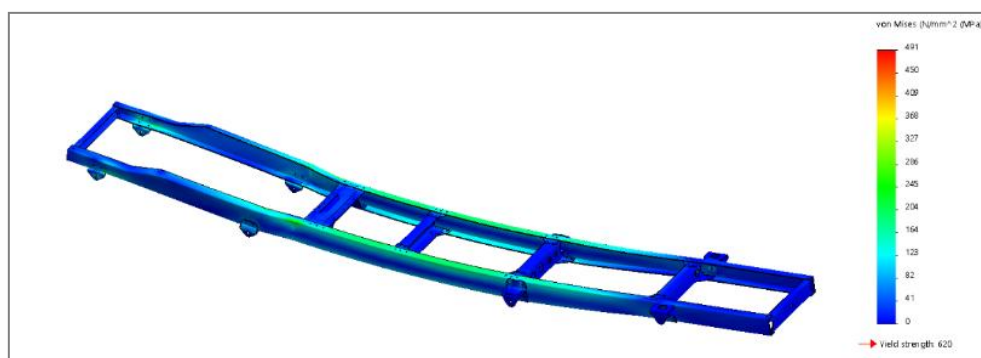
Model sasis *didiskretisasi* menjadi elemen-elemen hingga melalui proses *meshing*. Pemilihan ukuran elemen dilakukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara akurasi hasil dan efisiensi komputasi. Analisis konvergensi *mesh* dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi telah mencapai kondisi konvergen dan tidak bergantung pada ukuran elemen yang digunakan. Proses *meshing* yang tepat menjadi faktor penting dalam memperoleh hasil simulasi yang valid dan dapat diandalkan.

Mesh kedua model menggunakan elemen *solid mesh* jenis *tetrahedral* dengan *curvature based*. Geometri model yang memiliki rasio dimensi besar (panjang dibanding ketebalan), adanya lubang kecil, serta bagian lengkung dan sudut menyebabkan kebutuhan elemen yang lebih halus pada area tertentu agar hasil analisis lebih akurat, sementara pada bagian yang relatif sederhana digunakan elemen yang lebih besar untuk meningkatkan efisiensi komputasi. Metode *curvature-based* secara sistematis mengatur ukuran elemen menjadi lebih kecil pada daerah dengan perubahan kurva tinggi dan lebih besar pada daerah datar, sehingga menghasilkan variasi ukuran elemen dalam satu model. Parameter *mesh* pada model A ukuran maksimum 124,77 mm dan minimum 24,95 mm, jumlah nodal 126725 dan jumlah elemen 62876, sedangkan model B maksimum 134,08 mm dan minimum 26,82 mm, jumlah nodal 134884 dan jumlah elemen 66784, yang menunjukkan adanya perbedaan kompleksitas atau distribusi detail geometri pada masing-masing model. Konvergensi dalam metode elemen hingga idealnya ditentukan melalui studi *mesh refinement* hingga diperoleh hasil yang stabil. Namun, pada penelitian ini ukuran *mesh* dihasilkan secara otomatis menggunakan metode *curvature-based* yang menyesuaikan kompleksitas geometri, sehingga uji konvergensi bertahap tidak dilakukan. Meskipun demikian, distribusi elemen yang lebih halus pada area kritis dan lebih kasar pada area non-kritis menunjukkan bahwa *mesh* telah terbentuk secara adaptif. Oleh karena itu, hasil analisis dianggap cukup representatif, dengan keterbatasan belum adanya verifikasi konvergensi secara kuantitatif. *Mesh* dianggap memadai apabila mampu menghasilkan hasil analisis dengan akurasi yang dapat diterima, dengan catatan semua parameter masukan lain dalam model telah ditentukan secara tepat [10], [11].

3. Hasil

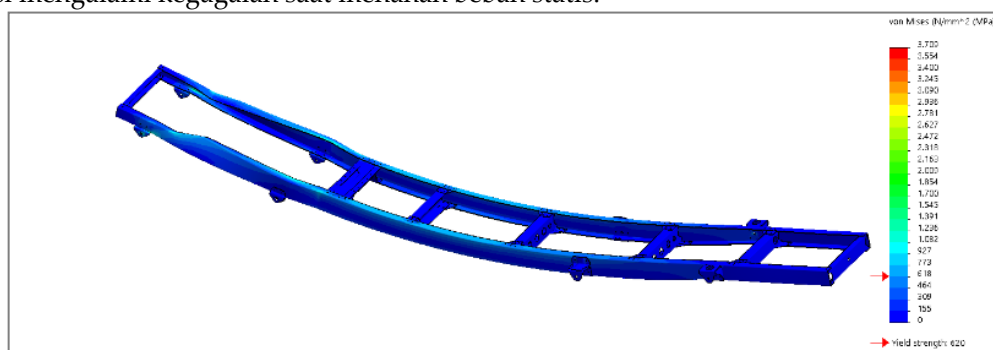
3.1. Kontur distribusi tegangan pada sasis

Hasil analisis tegangan pada model A, yang ditampilkan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa nilai tegangan yang terjadi masih berada di bawah tegangan luluh material, yaitu 620 MPa, dengan rentang tegangan antara 0 hingga 491 MPa. Berdasarkan distribusi warna pada kontur tegangan, terlihat bahwa tegangan pada rangka longitudinal meningkat terutama di area antara tumpuan atau di bagian tengah sasis. Hal ini menunjukkan bahwa beban kendaraan diteruskan sepanjang rangka longitudinal. Nilai tegangan yang masih berada di bawah batas luluh material menandakan bahwa secara struktural sasis mampu menahan beban statis dengan aman.



Gambar 2. Kontur tegangan von Mises pada rangka sasis model A

Hasil analisis tegangan pada model B, yang ditampilkan pada Gambar 3, menunjukkan nilai tegangan yang berbeda dibandingkan dengan model A. Tegangan yang terjadi berada pada rentang 0 hingga 3709 MPa, melebihi batas tegangan luluh material. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur atau komponen sasis berada dalam kondisi berisiko tinggi dan berpotensi mengalami kegagalan saat menahan beban statis.

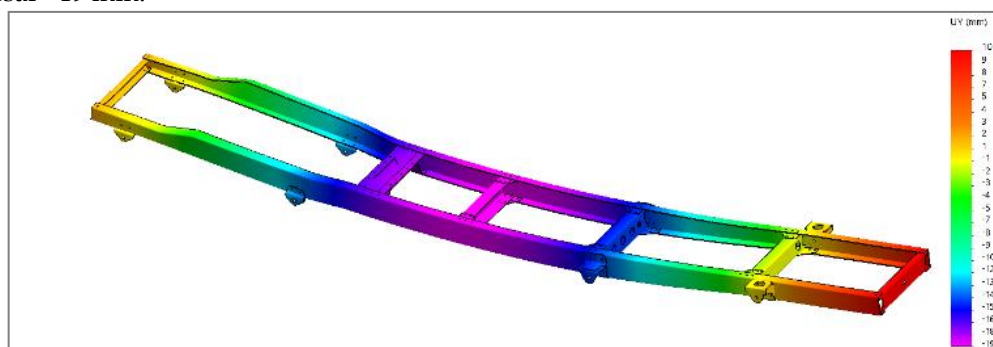


Gambar 3. Kontur tegangan von Mises pada rangka sasis model B

Lendutan yang terjadi pada model B, seperti ditunjukkan pada, memperlihatkan pola serupa dengan model A. Namun, perubahan panjang jarak sumbu sebesar 620 mm memberikan pengaruh signifikan terhadap tegangan yang terjadi pada rangka sasis. Tegangan yang melebihi batas luluh material muncul pada bagian atas rangka, dimulai pada area yang mengalami perubahan bentuk berupa lengkungan pada daerah dimana adanya perubahan bentuk pada sasis. Hal ini menunjukkan adanya risiko kegagalan struktural karena tegangan yang terjadi melebihi kapasitas material.

3.2. Kontur displacement pada sasis

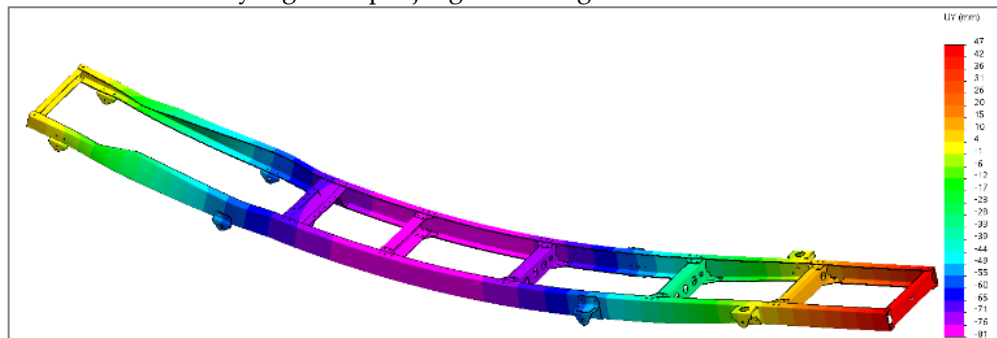
Hasil analisis *displacement* pada model A, seperti ditunjukkan pada, memperlihatkan bahwa perpindahan maksimum terjadi di area tengah sepanjang rangka longitudinal. Nilai *displacement* maksimum pada arah sumbu vertikal tercatat sebesar -19 mm.



Gambar 4. Kontur perpindahan pada rangka sasis model A berdasarkan UY

Hasil analisis *displacement* pada model A, seperti ditampilkan pada Gambar 5, menunjukkan bahwa perpindahan maksimum terjadi di area tengah sepanjang rangka longitudinal. Nilai *displacement* maksimum pada arah sumbu

vertikal tercatat sebesar - 81 mm, lebih besar dibandingkan dengan model A. Peningkatan perpindahan ini dipengaruhi oleh panjang jarak sumbu sasis model B yang lebih panjang dibandingkan model A.



Gambar 5. Kontur perpindahan pada rangka sasis model B berdasarkan UY

4. Pembahasan

4.1. Kontur distribusi tegangan pada sasis

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, terdapat perbedaan yang signifikan pada distribusi tegangan antara model A dan model B. Model A menunjukkan nilai tegangan maksimum sebesar 491 MPa, yang masih berada di bawah tegangan luluh material sebesar 620 MPa. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur pada model A masih bekerja dalam daerah elastis sehingga material belum mengalami deformasi plastis permanen. Dalam kondisi ini, struktur masih dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dilepaskan [12].

Sebaliknya, hasil analisis pada model B menunjukkan bahwa tegangan maksimum mencapai 3709 MPa, yang jauh melebihi batas tegangan luluh material. Nilai tegangan tersebut menunjukkan bahwa struktur telah melampaui batas elastis material dan berpotensi mengalami deformasi plastis permanen bahkan kegagalan struktural ketika menerima beban statis. Kondisi ini menandakan nilai tegangan yang sangat tinggi yang dapat disebabkan oleh fenomena *singularitas* tegangan (*stress singularity*) pada area tertentu dari model [13]. Kalo diperhatikan lebih seksama bahwa tegangan maksimal tidak terjadi pada area tengah pada sasis yang harusnya terjadi pembebanan maksimal.

Perbedaan nilai tegangan maksimum antara kedua model tersebut mengindikasikan bahwa konfigurasi desain memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan struktur dalam menahan beban. Desain yang baik seharusnya mampu mendistribusikan tegangan secara lebih merata sehingga dapat menghindari konsentrasi tegangan yang berlebihan pada titik tertentu [14]. Konsentrasi tegangan yang tinggi sering kali terjadi akibat perubahan geometri, sambungan struktural, atau titik pembebanan yang tidak optimal sehingga meningkatkan risiko kegagalan material.

Metode elemen hingga yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan identifikasi daerah kritis pada struktur secara lebih detail. Melalui analisis ini, perancang dapat mengevaluasi performa struktur sebelum tahap manufaktur dan melakukan optimasi desain untuk meningkatkan kekuatan serta keamanan struktur [15]. Namun, perlu dicatat bahwa analisis yang dilakukan masih memiliki keterbatasan, yaitu hanya mempertimbangkan beban statis dan belum memasukkan pengaruh beban dinamis yang dapat terjadi selama kondisi operasional sebenarnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model A memiliki performa struktural yang lebih baik dibandingkan model B karena nilai tegangan maksimum yang terjadi masih berada di bawah tegangan luluh material.

4.2. Kontur displacement pada sasis

Hasil analisis displacement pada model A menunjukkan bahwa perpindahan maksimum terjadi pada bagian tengah rangka longitudinal sasis dengan nilai *displacement* vertikal sebesar 19 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Daerah tengah rangka merupakan bagian yang paling rentan mengalami deformasi karena berada pada posisi bentang terpanjang antara tumpuan. Pada struktur yang mengalami pembebanan lentur, defleksi maksimum umumnya terjadi pada bagian tengah bentang akibat momen lentur yang mencapai nilai maksimum pada lokasi tersebut [12].

Nilai *displacement* yang relatif kecil pada model A menunjukkan bahwa struktur rangka memiliki tingkat kekakuan (*stiffness*) yang baik dalam menahan beban statis yang diberikan. Kekakuan struktur merupakan kemampuan suatu komponen untuk menahan deformasi akibat pembebanan. Struktur dengan kekakuan yang tinggi akan mengalami deformasi yang lebih kecil dibandingkan struktur dengan kekakuan rendah ketika menerima beban yang sama [14].

Sebaliknya, hasil analisis pada model B menunjukkan bahwa *displacement* maksimum pada arah vertikal mencapai 81 mm, yang jauh lebih besar dibandingkan dengan model A. Meskipun lokasi perpindahan maksimum masih terjadi pada bagian tengah rangka longitudinal, peningkatan nilai *displacement* ini menunjukkan bahwa model B memiliki kekakuan struktural yang lebih rendah dibandingkan model A. Sebagai bagian dari proses verifikasi, dilakukan komparasi antara hasil simulasi dan perhitungan analitis berbasis model balok sederhana pada model B. Hasil menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi berdasarkan analisis sederhana sebesar 56 mm, dan ini lebih rendah dibandingkan hasil simulasi. Perbedaan ini menggambarkan keterbatasan pendekatan analitis dalam merepresentasikan kondisi aktual sistem.

Peningkatan *displacement* pada model B dipengaruhi oleh panjang rangka sisi atau jarak sumbu (*wheelbase*) yang lebih besar dibandingkan model A. Secara teoritis mekanika struktur, defleksi suatu balok sangat dipengaruhi oleh panjang bentang. Semakin panjang bentang suatu struktur, maka defleksi yang terjadi akan meningkat secara signifikan apabila parameter material dan kondisi pembebanan tetap sama. Hal ini disebabkan karena kekakuan lentur struktur berbanding terbalik dengan panjang bentang sehingga struktur yang lebih panjang cenderung lebih mudah mengalami deformasi [14].

Selain panjang bentang, distribusi elemen struktural pada rangka juga mempengaruhi tingkat deformasi yang terjadi. Struktur rangka yang tidak memiliki penguat tambahan atau memiliki distribusi kekakuan yang tidak merata dapat menyebabkan deformasi yang lebih besar pada area tertentu. Dalam analisis metode elemen hingga, evaluasi terhadap *displacement* sangat penting untuk mengetahui performa struktural dan kenyamanan operasional suatu kendaraan karena deformasi yang berlebihan dapat mempengaruhi umur kelelahan material [13].

Jika hasil *displacement* ini dikaitkan dengan hasil analisis tegangan sebelumnya, dapat dilihat bahwa model B tidak hanya mengalami tegangan yang lebih tinggi tetapi juga deformasi yang lebih besar dibandingkan model A. Kombinasi antara tegangan tinggi dan *displacement* besar menunjukkan bahwa desain model B memiliki performa struktural yang lebih rendah dan memerlukan optimasi desain, seperti penambahan elemen penguat atau perubahan konfigurasi rangka untuk meningkatkan kekakuan struktur.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga, dapat disimpulkan bahwa perubahan panjang sasis dan posisi jarak sumbu memiliki pengaruh signifikan terhadap perilaku struktural rangka sasis truk. Sasis yang makin panjang yang disertai perubahan jarak sumbu menyebabkan peningkatan tegangan pada rangka sasis, yang pada beberapa kondisi dapat melebihi tegangan luluh material. Hal ini mengindikasikan penurunan faktor keselamatan (*safety factor*) dan potensi risiko kegagalan struktural. Perubahan tersebut juga meningkatkan *displacement* rangka sasis, yang berdampak pada peningkatan defleksi sepanjang struktur. Temuan ini menekankan pentingnya evaluasi desain dan optimasi panjang sasis serta jarak sumbu untuk menjaga keamanan, kekakuan, dan performa mekanis kendaraan, khususnya dalam aplikasi beban statis. Penguatan struktural pada titik-titik kritis melalui penambahan pelat atau lakop pada model B dapat meningkatkan kekakuan rangka sisi sasis, sebagai bagian dari pengembangan desain sasis.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan atas fasilitas dan dukungan teknis yang diberikan selama penelitian ini.

Referensi

- [1] Saiful Rahmat, I. Firmansyah, A. Affandi, dan D. I. Putra, "Pembuatan Bodi Prototype Mobil Hemat Energi Berbahan Fiberglass di Politeknik Negeri Jember," *J-TETA J. Tek. Terap.*, vol. 2, no. 2, hal. 17–23, 2023.
- [2] N. M. Ghazaly, "Applications of Finite Element Stress Analysis of Heavy Truck Chassis: Survey and Recent Development," *J. Mech. Des. Vib.*, vol. 2, no. 3, hal. 69–73, 2014, doi: 10.12691/jmdv-2-3-3.
- [3] R. T. Setyawan dan I. Hajar, "Perbandingan Kinerja Aerodinamika Berbagai Geometri Bodi terhadap Gaya Hambat dan Gaya Angkat pada Kendaraan," *J-TETA J. Tek. Terap.*, vol. 4, no. 1, hal. 74–79, 2025.
- [4] T. D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale: Society of Automotive Engineer, Inc, 1992.
- [5] A. T. Zain dan D. D. Suranto, "Analisis Pengujian Statis pada Rangka Kendaraan Listrik Niaga Roda Tiga dengan Metode Elemen Hingga," *Infotekmesin*, vol. 16, no. 01, hal. 249–255, 2025, doi: 10.35970/infotekmesin.v16i1.2487.
- [6] M. Dabair dan S. Pavankalyan, "Design and Analysis of Truck Chassis," *Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol.*, vol. 04, no. 12, hal. 550–553, 2020, doi: 10.33564/ijeast.2020.v04i12.099.
- [7] M. S. Agrawal dan M. Razik, "Finite Element Analysis of Truck Chassis," *Int. J. Eng. Sci. Res. Technol.*, vol. 2, no.

- 12, hal. 3432–3438, 2013, [Daring]. Tersedia pada: [http:// www.ijesrt.com](http://www.ijesrt.com)
- [8] R. Krishnan, K. Gnanasekaran, M. Thayumanavan, R. S. Rekha, dan D. Murali, “Optimization of Truck Chassis Frame using Ansys,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 9, no. 3, hal. 4272–4275, 2020, doi: 10.35940/ijeat.c5168.029320.
- [9] S. Mathivanan, N. K. Mugesh, dan K. Praveenkumar, “Analysis and Optimization of Truck Chasis,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 7, no. 06, hal. 1–4, 2019.
- [10] Özgün Sunar, “Is Your Mesh Good Enough?,” *Mechead.com*, 2022. <https://www.mechead.com/mesh-good-enough>
- [11] R&D Editors, “How to Determine If a Mesh is Fine Enough for Accurate Results,” *R&D World*, 2015. <https://www.rdworldonline.com/how-to-determine-if-a-mesh-is-fine-enough-for-accurate-results/>
- [12] Ferdinand P. Beer, E. R. Johnston, J. T. DeWolf, dan D. Mazurek, *Mechanics of Materials*, Sixth. New York: McGraw-Hill Education, 2012.
- [13] D. L. Logan, *A First Course in the Finite Element Method*, Fifth. Toronto: Thomson, 2017.
- [14] R. G. Budynas dan J. K. Nisbett, *Shigley’s Mechanical Engineering Design*, Tenth. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
- [15] O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, dan J.Z. Zhu, *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, Sixth. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.