

Railway Bogie Side Frame Strength Analysis**Analisis Kekuatan Rangka Samping Bogie Kereta Api*** Endang Achdi¹, Farid Rizayana², Reza Nur Septian³¹) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung, Jawa Barat, INDONESIA.²) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung, Jawa Barat, INDONESIA.³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung, Jawa Barat, INDONESIA.

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA: 16 Oktober 2024

DIREVISI: 14 November 2024

DISETUIJUI: 17 Desember 2024

*KORESPONDENSI PENULIS :

e_achdi@yahoo.com**Abstract**

Train is one of the transportations which highly in great demand of people around the world, particularly in Indonesia. The train is expected to be one of the solutions to solve transportation's problems in Indonesia. Train should fulfill the existing regulation one of them is the structural strengths in resisting static loads that is the loads that can't change over time, In order to ensure the passengers safety and comfort. The analysis of the train bogie frame begins with gathering the information regarding the model, specification, and formulation of various loading cases, and finite element modeling. The result shows that in the bogie frame, the maximum stress that occurs is 20.5 MPa for the static load category with axial direction. This occurs below the permissible stress of 183.75 MPa. It can be concluded that the stress works below the permitted stress by the material SS400. Therefore, the operation of bogie with static load is in a safe condition.

Keywords: Railway Bogie, Side Frame Bogie, Safety Factor**Abstrak**

Kereta api merupakan salah satu alat transportasi massal yang banyak diminati oleh masyarakat karena terbebas dari kemacetan. Banyak negara yang menjadikan kereta api sebagai moda transportasi utama. Pemerintah Indonesia terus mengembangkan perkeretaapian agar menjadi moda transportasi utama, sesuai dengan jumlah penduduk yang banyak. Dalam pengembangan kereta api banyak faktor yang harus diperhitungkan, salah satunya yaitu faktor keamanan saat beroperasi. Salah satu komponen yang mempengaruhi keamanan yaitu bogie. Bagian bogie yang paling banyak menerima beban yaitu pada komponen side frame bogie. Sehubungan dengan permasalahan keamanan pada komponen bogie, upaya yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu diperlukannya analisis tegangan pada bogie kereta api, diantaranya dengan melakukan analisis teoritis, analitis dan pemodelan elemen hingga. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa tegangan maksimum pada bogie sebesar 23.9 MPa dimana tegangan tersebut terjadi pada kedudukan pegas primer untuk kategori beban statis, tegangan tersebut terjadi dibawah tegangan yang diizinkan sebesar 183.75 MPa dan faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 10.3. Dapat disimpulkan bahwa tegangan yang bekerja pada bogie masih dibawah tegangan yang diizinkan oleh material SS400, yang artinya struktur kereta masih dalam kondisi aman pada saat beroperasi.

Kata kunci: Bogie kereta api, Side Frame Bogie, Faktor Keamanan

I. PENDAHULUAN

Kereta Api adalah salah satu alat transportasi darat yang banyak diminati oleh sebagian masyarakat di dunia terutama di negara Indonesia sendiri. Dengan berkembangnya teknologi di zaman sekarang ini, sistem perkeretaapian di Indonesia pun semakin banyak perubahan. Salah satu komponen dari kereta api yaitu bogie. Bogie pada kereta adalah sebuah perlengkapan kereta api yang digunakan untuk menggabungkan beberapa roda menjadi satu area atau susunan as roda kereta api yang bertugas sebagai penumpu as kereta api, demi tercapainya faktor keamanan perawatan pada bogie harus sering dilakukan.

Berdasarkan masalah yang diuraikan diatas mengenai faktor keamanan sangat penting dalam pengoperasian, terutama salah satunya pada komponen kereta api yaitu pada bogie, maka dari itu diperlukannya analisis tegangan pada bogie kereta api.

II. STUDI LITERATUR

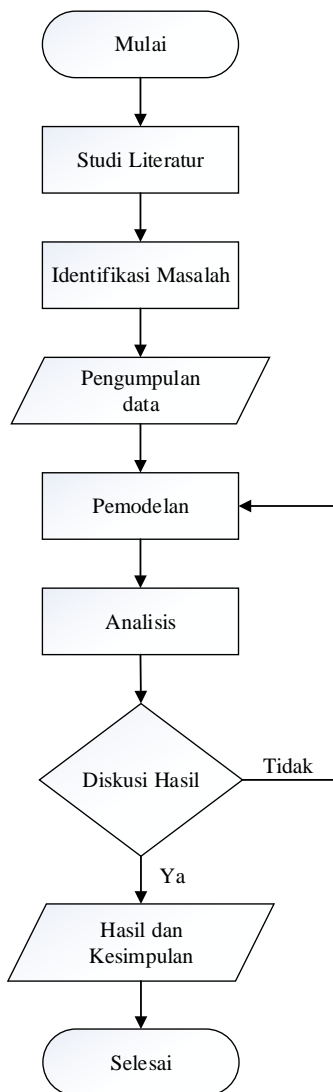
Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang dapat bergerak di rel. Kereta api pada umumnya terdiri dari lokomotif dan gerbong. Lokomotif adalah kendaraan rel yang dapat bergerak

dengan bantuan motor diesel sebagai sumber tenaga dan berfungsi untuk menarik atau mendorong rangkaian kereta atau gerbong yang dikemudikan dengan tenaga manusia yang disebut masinis. Sedangkan gerbong adalah sebagai tempat pengangkut penumpang dan barang. Bogie adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. Adapun fungsi pada bogie adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan kapasitas muat
- b. Memudahkan perjalanan melalui tikungan
- c. Meningkatkan kecepatan dan kenyamanan kendaraan

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi tentang langkah – langkah kegiatan utama yang akan dilakukan oleh penulis dalam menyelesaikan Skripsi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Berdasarkan karakteristik mekanik rangka bogie dapat ditelaah sebagai berikut :

1. Rangka bogie terbuat dari material SS400 yaitu memiliki tensile strength sebesar 400 – 510 N/mm² atau setara dengan 40.7 – 52.0 kgf/mm², artinya material yang digunakan sudah memenuhi persyaratan kekuatan tarik minimum sebesar 41 kgf/mm².

2. Karakteristik Material

Tabel 1. Karakteristik Material

Parameter	Keterangan
Material	SS400
Modulus Elastisitas	2.07E+05 MPa
Modulus Geser	7.7E+04 MPa
Poison's Ratio	0.3
Massa Jenis	7860 kg/mm ³
Tegangan Yield	245 MPa
Teg. Tarik Maks	400 MPa

3. Kriteria berterimaan

Tabel 2. Kriteria Berterimaan

Material	Tegangan Luluh (Yield Stress)	Tegangan yang Diizinkan (75% Tegangan Luluh)
SS400	245 MPa	183.75 MPa

Jenis - jenis pembebanan pada sarana perkeretaapian mengacu pada standar JIS E-7105 (*Test Method for Static Load of Body Structures of Railway Rolling Stock*) dibedakan menurut jenisnya, yaitu :

- a. Vertical Load (Beban Vertikal), bertujuan untuk memverifikasi desain kekuatan struktur dari sarana perkeretaapian pada kapasitas maksimum saat pembebanan vertikal.
- b. Menentukan beban maksimum pada rangka bogie. Dari data yang didapat berdasarkan referensi yang ada, maka diperoleh berupa data pembebanan sebagai berikut :

- Beban kosong KP1, yaitu beban komponen – komponen interior maupun eksterior

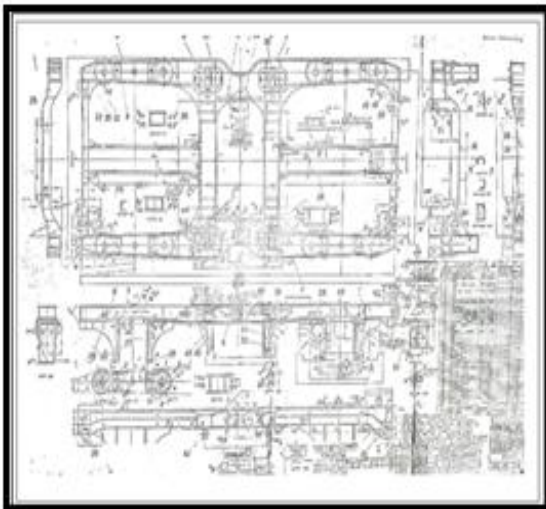
$$KP1 = 10.774 \text{ kg}$$

- Beban penuh KP2, yaitu beban komponen – komponen (interior dan eksterior) kereta + jumlah penumpang (50 orang berat 75 kg dan barang bawaan masing – masing 20 kg) kondisi penuh

$$KP2 = (10.774 \text{ kg} + ((50 \text{ orang} \times 70 \text{ kg}) + (50 \text{ orang} \times 20 \text{ kg})) \times 1,3$$

$$\begin{aligned}
 &= (10.774 + 4500 \text{ kg}) \times 1.3 \\
 &= 19856.2 \text{ kg} \\
 &= 19856.2 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 F &= 194789.32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

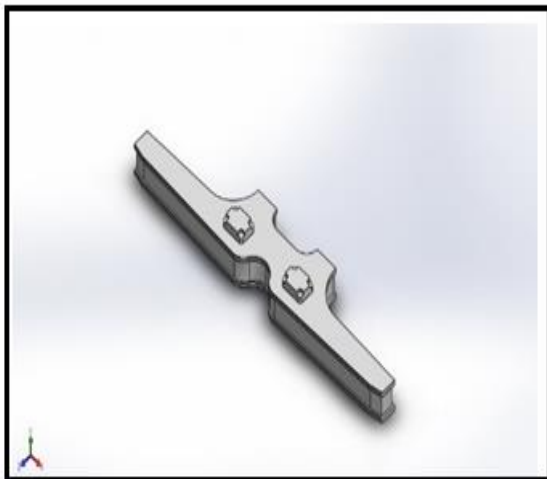
Gambar 2 menunjukkan dimensi rangka bogie kereta api yang didapat pada saat penelitian.



Gambar 2. Dimensi Bogie Kereta Api

Pemodelan elemen hingga dimulai dengan pembuatan model elemen, model beban, model tumpuan dan model meshing.

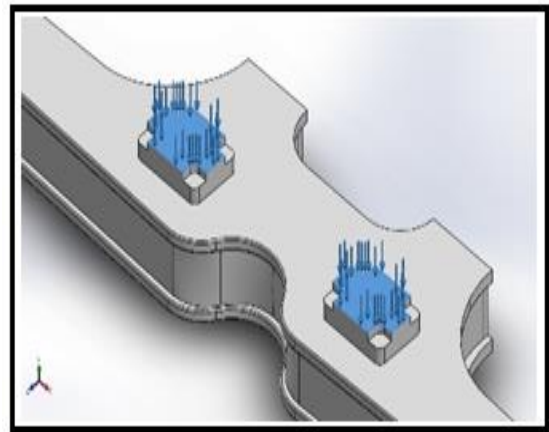
- Model Elemen
Pemodelan elemen untuk bogie dimodelkan dengan program *SolidWork* dan dibuat dalam bentuk solid.



Gambar 3. Model Elemen Bogie

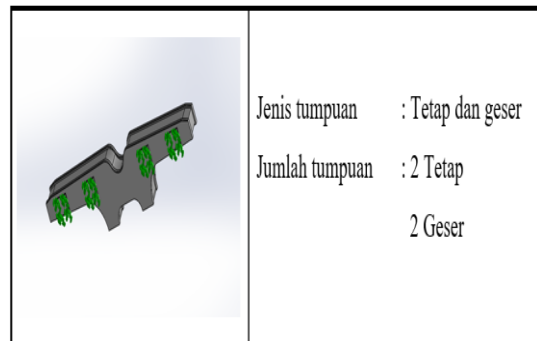
- Model Beban
Pembebanan yang diberikan saat menjalankan simulasi adalah beban statik yang diambil dari beban body kereta api dengan komponen – komponen interior maupun eksterior, berat

badan penumpang dan berat barang bawaan penumpang kondisi kereta dalam keadaan penuh.



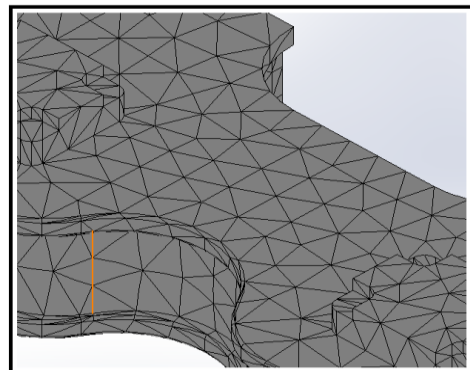
Gambar 4. Model Beban

- Model Tumpuan
Menentukan titik tumpuan baik kondisi asumsi ataupun yang sebenarnya untuk menumpu pembebanan pada saat simulasi.



Gambar 5. Model Tumpuan

- Model Meshing
Penentuan elemen hingga atau dalam pemodelan sering disebut mesh, mesh yang digunakan pada saat simulasi yaitu berbentuk segitiga (triangle) dengan ukuran 58 mm (ketelitian tinggi).

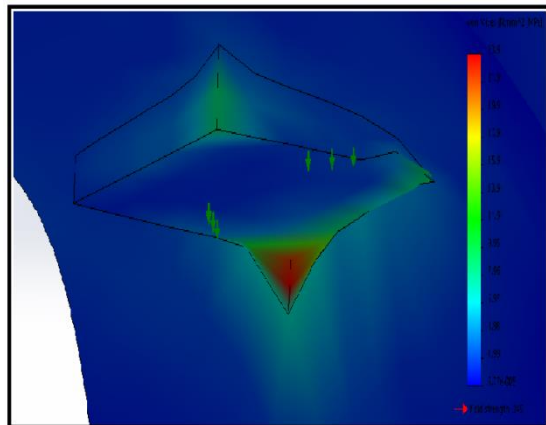
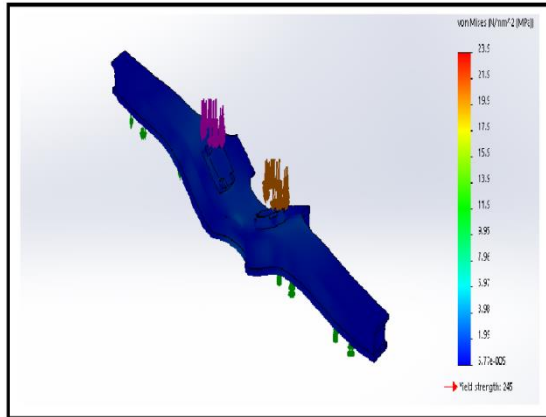


Gambar 6. Model Meshing

Berikut adalah hasil dari simulasi dengan menggunakan software *Solidwork*.

a. Tegangan Von Mises

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi *Side Frame* bogie terhadap beban 194.789,32 N. Tegangan Von Mises maksimum sebesar 23.9 MPa yang terjadi pada kedudukan pegas primer.

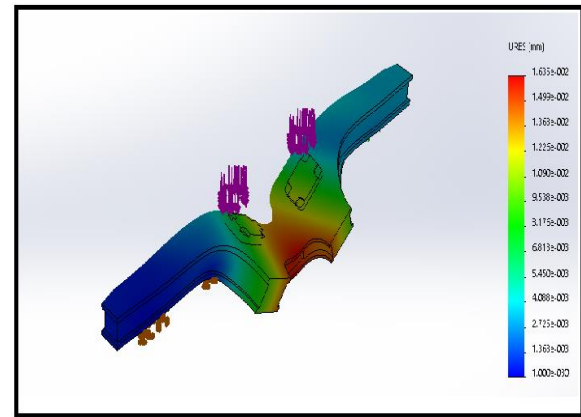


Gambar 7. Tegangan Von Mises

b. Displacement

Displacement merupakan perubahan bentuk atau ukuran dari suatu komponen karena adanya beban atau gaya yang bekerja. Displacement atau deformasi dibagi menjadi dua jenis, deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang berlangsung sementara dimana jika gaya yang bekerja dihilangkan maka akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang terjadi secara permanen, meskipun beban atau gaya dihilangkan.

Deformasi menjadi salah satu indikator untuk mengetahui kekuatan suatu material. jika deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin kecil, maka semakin kuat material tersebut. Sedangkan jika deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin besar, maka semakin lemah suatu material. Nilai deformasi maksimal pada *Side Frame* bogie adalah 0.1635 mm yang terjadi pada daerah tumpuan bolster.



Gambar 8. Displacement

c. Faktor Keamanan

Faktor keamanan (*Safety Factor*) merupakan salah satu indikator dari kekuatan material. faktor keamanan digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum. Faktor keamanan minimum menggunakan *SolidWork* dihitung sebagai kekuatan luluh dari material yang dibagi dengan tegangan Von Mises maksimum. Nilai faktor keamanan harus lebih besar dari 1 (satu) karena jika kurang dari 1 menunjukkan kegagalan dari sebuah desain.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak, beban statik yang didapat dari body kereta berada di bagian center pivot dan terpusat pada bagian penutup pegas sekunder. Tegangan yang bekerja terjadi berada di bawah tegangan izin dari material SS400 sehingga kereta api dalam kondisi aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT. Kereta Api Indonesia (Persero) Bandung atas kesempatan dan dukungan yang diberikan untuk melakukan penelitian khususnya yang berkaitan dengan data teknik bogie kereta api.

REFERENSI

- [1] Consultana, P. R. (2018). *Studi Penyusunan Standar dan Tata Cara Penilaian Batas Usia (Life Assesment) Sarana Perkeretaapian*. Jakarta
- [2] Firmansyah, Wahyu. (2019). *Analisis Kegagalan Pegas Sekunder K5 Kereta Kereta Api*. Skripsi. Fakultas Teknik Mesin. Universitas Pasundan. Bandung
- [3] Gere, J. M., & Timosenko, S. P. (1984). *Mekanika Bahan Edisi Kedua Versi SI Jilid I*. Inggris.

- [4] Hedapratama, I. (2016). Simulasi Fatigue Frame Mountain Bike Dengan Variasi Bahan dan Ketebalan Menggunakan Standar CEN 14766. *Tugas Akhir*.
- [5] Hutahean, R. Y. (2011). *Mekanika Kekuatan Material Tingkat Lanjut*. Jayapura: Graha Ilmu.
- [6] Jokowiyono, S., & Mulyadi, S. (2012). Analisa Tegangan Von Mises Pada Alat Bantu Jalan (Walker).
- [7] Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2017). *Fundamental Of Machine Component Design Sixth Edition*. USA.
- [8] Kramadibrata, S. (2006). *Perencanaan Perkereta Apian*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [9] Muqorrobin, R. (2016). Pemodelan Dan Analisa Respon Dinamis Dan Energi Bangkitan Dari Hydro - Magneto Electric Regenerative Shock Absorber Pada Sistem Suspensi Kereta Api Dengan Bogie Tipe NT-11.
- [10] Pinem, M. D. (2010). *Mekanika Kekuatan Material Lanjut*. Bandung: Rekayasa Sains.
- [11] Riko, J. H. (2014). *Kontruksi Mesin*, Halaman 2-3.
- [12] Shigley's, J. E., Budynas, G. R., & Nisbett, J. K. (2011). *Mechanical Engineering Design Ninth Edition*. America, New York.
- [13] William, D. C. (1954). *Materials Science and Engineering Seventh Edition*. USA.
- [14] Zulyanto, A. K. (2012). Analisa Kekuatan Kontruksi Suspensi Bogie NT 11 Pada Gerbong Kereta Api.
- [15] Information on <https://www.inka.co.id/berita/533>.