



ANALISA KEKUATAN BEBAN TERHADAP DESAIN STRUKTUR RANGKA BUS MEDIUM MENGGUNAKAN *FINITE ELEMEN METHOD*

Andhika Octa Setiawan¹, Imam Basuki², Yoga Ahdiat Fakhru³

^{1,2,3}Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun, Indonesia

*Email Responden : andhikaee1945@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kekuatan desain struktur rangka bus *medium* menggunakan metode elemen hingga (*FEM*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil simulasi untuk tegangan *von mises stress*, defleksi dan *safety factor* dari pembebanan kondisi *vertical* dengan variasi berat normal dan maksimal pada desain struktur rangka bus *medium*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *research and development*. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan awal berupa studi pendahuluan untuk memahami penelitian terdahulu dan kondisi lapangan yang relevan. Selanjutnya, dilakukan perumusan permasalahan, penyusunan metode penelitian, pengumpulan data dan simulasi menggunakan metode elemen hingga, evaluasi dan analisis hasil penelitian, serta penyusunan laporan penelitian. Hasil penelitian analisa kekuatan beban terhadap *von mises stress*, defleksi dan *safety factor* desain struktur rangka bus *medium* pada kedua variasi dikatakan aman dikarenakan hasil berada di atas standar yang berlaku. Hasil *von mises stress* berurutan dari variasi berat normal yaitu 215,75 MPa, serta untuk variasi berat maksimal yaitu 228,04 MPa. Hasil defleksi berurutan dari variasi berat normal yaitu 3,2902 mm dan untuk variasi berat maksimal yaitu 3,4779 mm. Sedangkan hasil *safety factor* berurutan dari variasi berat normal yaitu 1,4138, dan untuk variasi berat maksimal yaitu 1,3375. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa struktur rangka bus aman dengan maksimal penumpang yang bisa ditampung oleh rangka bus *medium* adalah 37 penumpang melebihi penumpang pada berat normal yaitu 32 penumpang atau menambah 5 penumpang.

Kata Kunci : Rangka, Metode Elemen Hingga, Pembebanan Vertikal, *Von Misses Stress*, Defleksi, *Safety Factor*.

I. PENDAHULUAN

Transportasi massal merupakan sistem transportasi yang lazim digunakan di kota-kota besar. Salah satu bentuk transportasi massal yang digunakan dan mudah ditemui pada zaman sekarang yaitu bus. Melihat fungsi dari bus yang digunakan untuk mengangkut penumpang dalam jumlah banyak, maka sangat penting untuk memperhatikan keselamatan penumpangnya [1]. Oleh karena itu, bus *medium* ini dituntut memiliki struktur rangka yang berkemampuan cukup memadai sehingga tidak mengalami kerusakan yang disebabkan oleh beban operasinya.

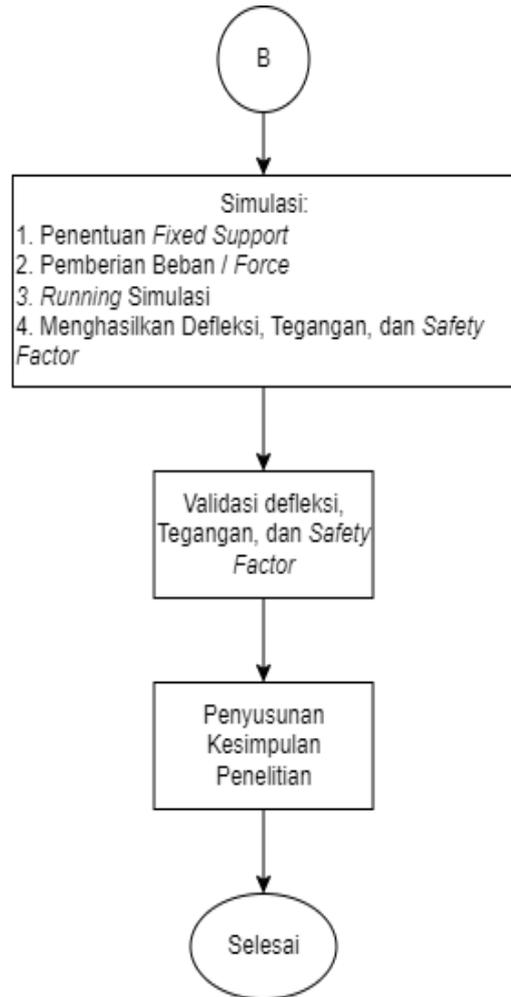
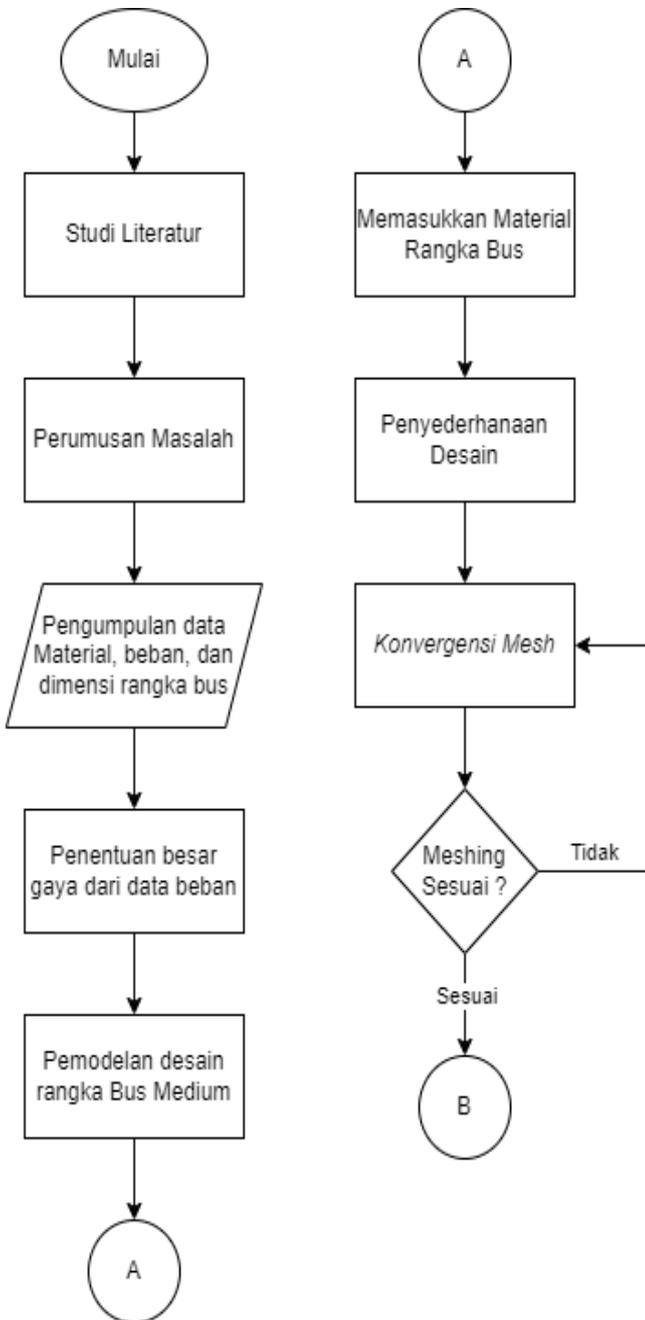
Banyak penelitian telah dilakukan untuk menganalisis kekuatan struktur rangka pada bus, Salah satu contoh penelitian yang relevan adalah penelitian yang berjudul "Pemodelan Dan Analisa Uji Pendulum Pada Struktur Rangka Bus Menggunakan Metode Elemen Hingga" [2]. Tujuan dari penelitian ini adalah membahas tegangan dan displacement pada struktur rangka bus ketika terjadi kecelakaan terguling untuk mengukur keamanan bus sesuai dengan standar ECE R

66. Hasil analisa berupa konsentrasi tegangan dan displacement pada bagian sisi samping struktur rangka bus. Besarnya displacement pada bagian tersebut tidak melebihi ruang batas selamat (*residual space*). Oleh karena itu, struktur rangka bus ini aman jika terkena beban pendulum atau kecelakaan terguling (*rollover*). Namun, dalam penelitian ini tidak melakukan pengujian pembebanan pada rangka bus, mengingat bahwa keselamatan penumpang juga sangat penting.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan pengujian dan analisa terhadap struktur rangka bus *medium*. Untuk mengetahui bahwa struktur rangka bus tersebut dikatakan layak atau memadai adalah dengan melakukan proses simulasi. Simulasi yang dilakukan yaitu dengan pembebanan vertikal pada struktur rangka bus menggunakan metode elemen hingga. Beban vertikal yang diberikan meliputi beban body, beban muatan kendaraan dan beban penumpang[3].

II. METODOLOGI

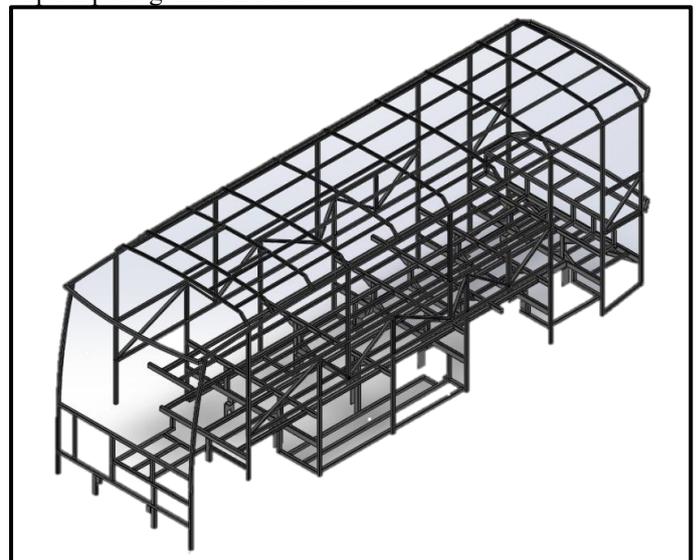
Penelitian ini menggunakan metode *research and development*. Metode riset yang digunakan dalam penelitian ini ada pada proses simulasi pembebanan vertikal yang diberikan dengan dua variasi yaitu berat normal (5345kg) serta berat maksimal (5650). Pada penelitian ini menganalisa tegangan *von mises*, defleksi dan *safety factor* dari rangka bus medium.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini berupa rangka bus *medium*. Seperti pada gambar 2 di bawah



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses Simulasi rangka bus medium menggunakan material standard JIS G345 STKM 13B dengan *datasheet* yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Material STKM 13B

Properties	Nilai
Ultimate Tensile Strength (σ), Mpa	400
Yield Strength (σ), Mpa	305
Modulus Elastisitas (E, G, K), Gpa	200 - 215
Poisson Ratio	0,29
Density (ρ), kg/m ³	7800 – 7900

B. Penghitungan Beban

Berdasarkan peraturan menteri perhubungan nomor: KM 41 Tahun 2010 Bab III pasal 8 ayat 2 pembebanan yang dilakukan dengan koefisien dinamis sebesar 1,3 karena ketika kendaraan beroperasi gaya dari beban yang bekerja dapat mencapai 1,3 lipat gaya Ketika kendaraan diam[4].

- Berat Normal 5345 kg
 - Pv = Beban Vertikal
 - P = Beban Penumpang dan Komponen
 - g = Gravitasi Bumi (m/s²)
 - Pv = k (P)
 - Pv = 1,3 x 5345
 - Pv = 6948,5 kg
 - F = Pv x g
 - F = 6948,5 x 9,81
 - F = 68165 N
- Berat Maksimal 5650 kg
 - Pv = Beban Vertikal
 - P = Beban Penumpang dan Komponen
 - g = Gravitasi Bumi (m/s²)
 - Pv = k (P)
 - Pv = 1,3 x 5650
 - Pv = 7345 kg
 - F = Pv x g
 - F = 7345 x 9,81
 - F = 72504,45 N

Hasil perhitungan berat berupa Force nantinya akan dimasukkan pada proses simulasi yang menggunakan metode elemen hingga.

C. Proses Simulasi

Berikut adalah langkah – langkah menganalisis dan simulasi rangka bus medium menggunakan metode elemen hingga.

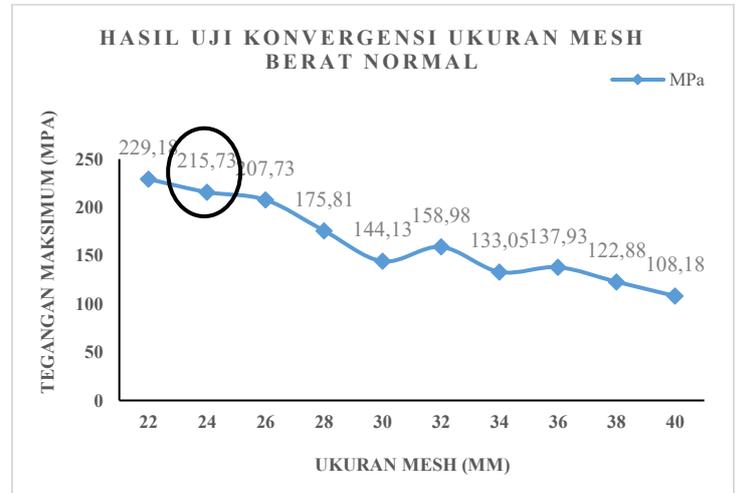
- Pemilihan Metode
- Input Material
- Input Geometri
- Meshing dan Konvergensi Mesh
- Input Fix Suport
- Input Force
- Running Solving

8. Analisis Hasil

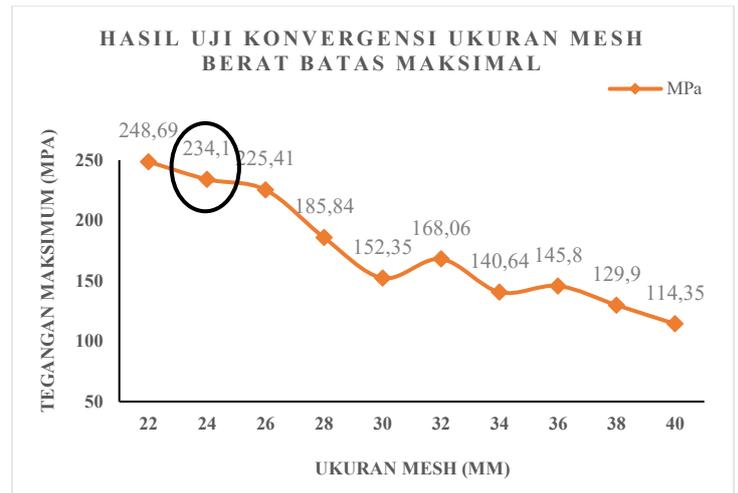
Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai *von misses stress*, defleksi, dan *safety factor* akibat pembebanan statis. Hasil nilai tersebut digunakan untuk menghasilkan desain yang optimal, tetapi memiliki nilai yang sesuai dengan *von misses stress*, defleksi, dan *safety factor*.

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Konvergensi Meshing



Gambar 3. Pengambilan Data Mesh Berat Normal



Gambar 4. Pengambilan Data Mesh Berat Maksimal

Berdasarkan hasil data tabel 3 dan 4 uji konvergensi dari variasi pembebanan berat normal dan maksimal serta dilakukan penghitungan nilai *error* dapat disimpulkan bahwa ukuran meshing yang digunakan untuk proses simulasi pembebanan yaitu 24 mm. Walaupun beban yang diberikan berbeda namun hasil ilai *error* dari kedua variasi pembebanan hampir sama yaitu di sekitar 3%.

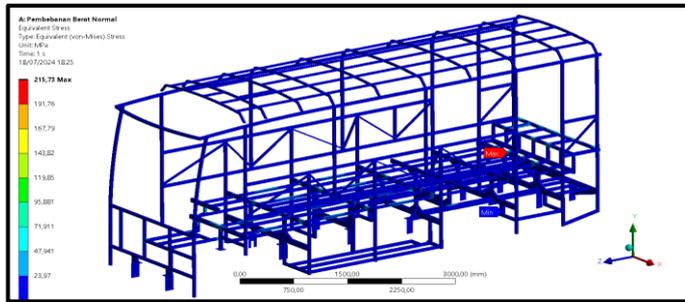
B. Hasil Von Misses Stress

Pada penelitian ini standarisasi yang digunakan untuk tegangan *von misses stress* menggunakan acuan menteri perhubungan nomor : KM 41 Tahun 2010 Bab III pasal 8 ayat

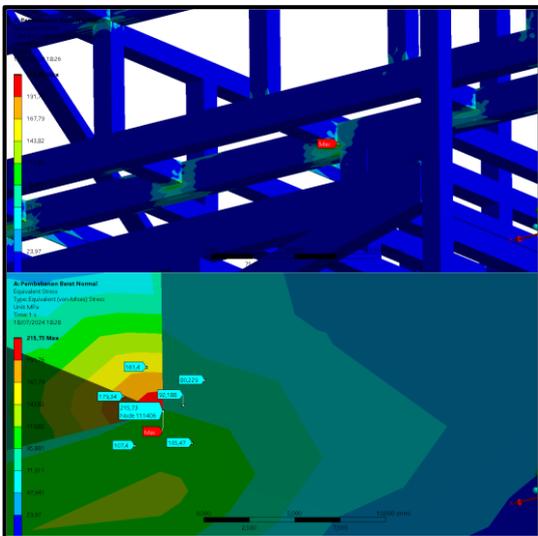
3, tegangan yang terjadi pada beban maksimum pada titik kritis konstruksi rangka bus *medium*, untuk tegangan *von misses stress* maksimum 75% tegangan luluh bahan[4].

$$\frac{75}{100} \times 305 = 228,75$$

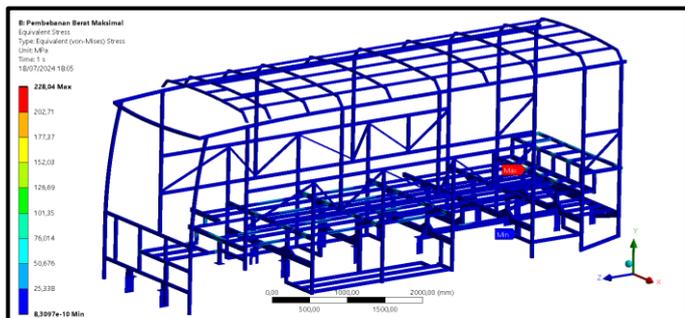
Hasil di atas yaitu 228,75 menjadi batas acuan untuk memvalidasi hasil maksimum Tegangan *Von Misses* bisa dikatakan aman atau tidak untuk struktur rangka. Berikut hasil simulasi *von misses stress* menggunakan metode elemen hingga



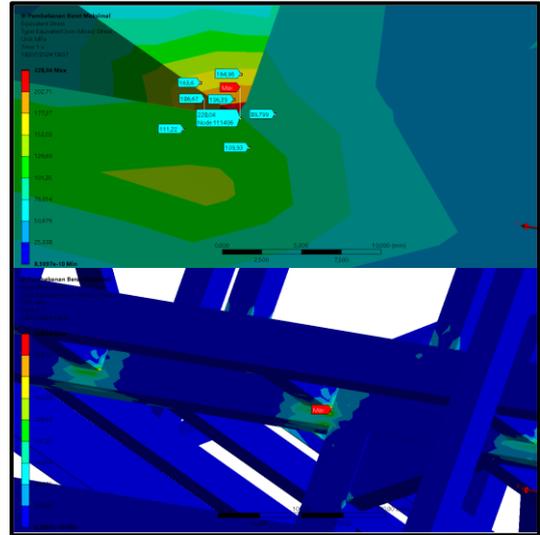
Gambar 5. Von Misses Stress Berat Normal 5345kg (68165N)



Gambar 6. Tampak Dekat Berat Normal 5345kg (68165N)



Gambar 7. Von Misses Stress Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)



Gambar 8. Tampak Dekat Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)

Gambar 5 dan 6 menunjukkan hasil *von misses stress* berat normal sedangkan gambar 7 dan 8 menunjukkan hasil *von misses stress* berat maksimal. Berikut tabel hasil *von misses stress*.

Tabel 2. Hasil Von Misses Stress

Berat Normal 5345kg (68165N)	Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)
215,75 MPa	228,04 MPa

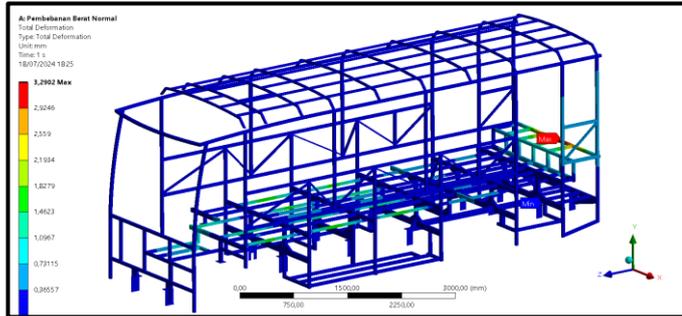
Berdasarkan analisa kekuatan beban rangka bus *Medium* terhadap *Von Misses Stress* mendapatkan hasil yang berbeda - beda karena dipengaruhi jumlah berat atau beban yang diberikan. Dari kedua hasil *von misses stress*, hasil pada variasi berat normal didapatkan hasil 215,75 Mpa, sedangkan pada berat maksimal yaitu 228,04 Mpa. Kedua variasi berat memiliki kesamaan yaitu titik kritis tegangan *von misses* maksimum berada pada sambungan rangka lantai bus bagian belakang. Kedua hasil tegangan *von misses* dinyatakan kategori aman karena tidak melebihi anjuran standart maksimum sebesar 228,75 Mpa sesuai dengan peraturan menteri perhubungan nomor : KM 41 Tahun 2010 Bab III pasal 8 ayat 3, tegangan yang terjadi pada beban maksimum pada titik kritis konstruksi rangka bus *medium*, untuk tegangan *von misses stress* maksimum 75% tegangan luluh bahan. Hal ini berarti struktur rangka bus *medium* aman untuk digunakan pada angkutan umum dan layak uji pembebanan

C. Hasil Defleksi

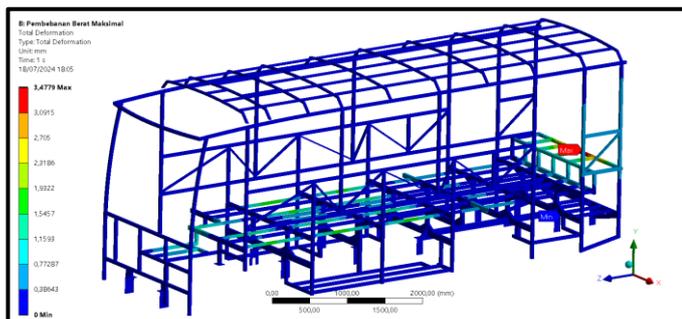
Berikut ini merupakan standar defleksi maximum menurut Peraturan Departemen Pekerjaan Umum SNI 03 – 1729 – 2002[5].

$$Defleksi\ Maximum = \frac{L}{360} = \frac{6945}{360} = 19,29mm$$

Hasil perhitungan di atas merupakan acuan untuk memvalidasi hasil simulasi defleksi apakah bisa dikatakan aman dan sesuai dengan standar yang diberlakukan. Berikut hasil simulasi defleksi menggunakan metode elemen hingga



Gambar 9. Defleksi Berat Normal 5345kg (68165N)



Gambar 10. Defleksi Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)

Gambar 9 menunjukkan hasil defleksi berat normal sedangkan gambar 10 menunjukkan hasil defleksi berat maksimal. Berikut tabel hasil defleksi.

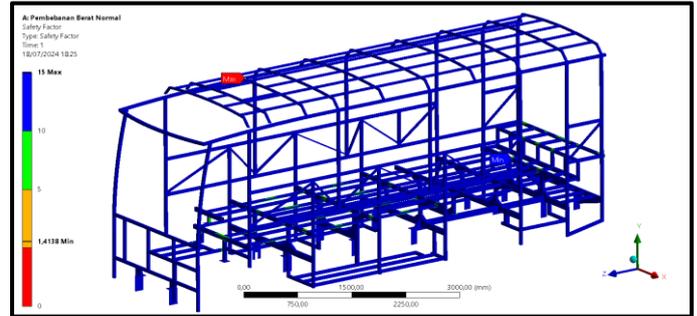
Tabel 3. Hasil Defleksi

Berat Normal 5345kg (68165N)	Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)
3,2902 mm	3,4779 mm

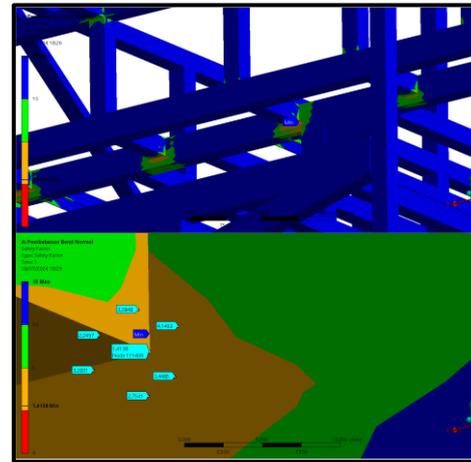
Berdasarkan analisa kekuatan beban rangka bus *medium* terhadap defleksi menunjukkan hasil yang baik dan bagus. Simulasi pertama untuk berat/beban normal terjadi fenomena defleksi maksimal sebesar 3,2902 mm. Defleksi simulasi berat maksimal didapatkan hasil defleksi maksimum sebesar 3,4779 mm. Kedua simulasi mengalami defleksi maksimum di daerah paling belakang rangka lantai bus *medium*. Hal ini disebabkan kurangnya penyangga atau penopang di bagian paling belakang rangka bus sehingga menyebabkan defleksi yang cukup besar. Semua kasus defleksi yang terjadi dikategorikan aman karena tidak melebihi standart yang ditetapkan oleh Peraturan Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1729-2002 yaitu sebesar 19,29 mm.

D. Hasil Safety Factor

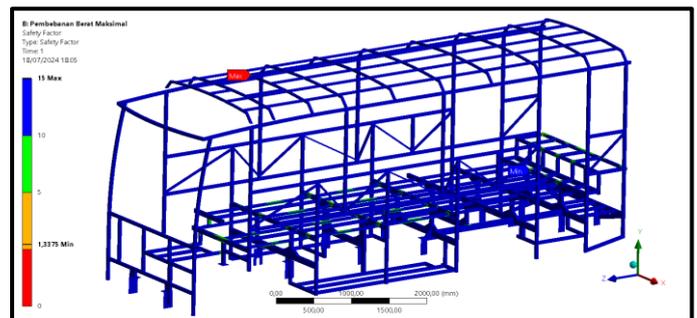
Hasil safety factor mengacu buku Dobrovlosky dalam buku “Machine Elements (1988) “ nilai faktor keamanan dalam pembebanan statis dapat dikatakan aman apabila nilainya $1,25 < Sf$ [6]. Berikut hasil simulasi *safety factor* menggunakan metode elemen hingga



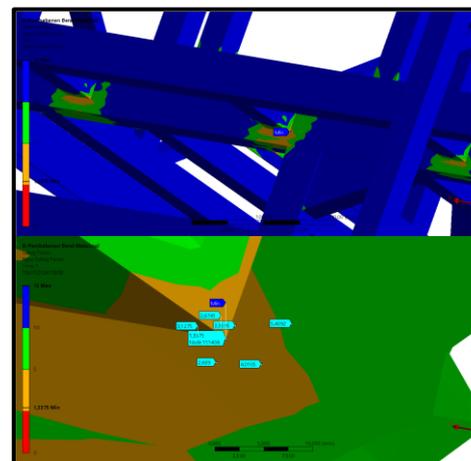
Gambar 11. Safety Factor Berat Normal 5345kg (68165N)



Gambar 12. Tampak Dekat Berat Normal 5345kg (68165N)



Gambar 13. Safety Factor Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)



Gambar 13. Tampak Dekat Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)

Gambar 10 dan 11 menunjukkan hasil *safety factor* berat normal sedangkan gambar 12 dan 13 menunjukkan hasil *safety factor*. Berikut tabel hasil defleksi.

Tabel 3. Spesifikasi Material STKM 13B

Berat Normal 5345kg (68165N)	Berat Maksimal 5650kg (72054,45N)
1,4138	1,3375

Berdasarkan analisis kekuatan rangka bus medium terhadap *safety factor* simulasi pertama untuk beban normal memiliki hasil sebesar 1,4138. Sedangkan untuk simulasi kasus beban berat maksimal (ditambahkan 5 penumpang) yaitu pada kondisi saat mudik, evakuasi banyak orang, saat posisi urgent mendapatkan hasil *safety factor* sebesar 1,3375. Kedua hasil *safety factor* tersebut terletak pada sambungan rangka lantai bus bagian belakang. Hal ini bisa menjadi kajian ulang kedepannya bahwa di bagian tersebut bisa diperbaiki rancangan desain ataupun material yang digunakan. Semua hasil *safety factor* dinyatakan aman karena melebihi standart beban statis *safety factor* yaitu 1,25 menurut Dobrovolsky dalam buku “*Machine Elements* (1988)”.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pengolahan data yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Von Mises Stress* maksimum dari kedua hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan pada kasus berat normal, dan berat maksimal dinyatakan aman yaitu dibawah standart acuan tegangan *von misses* maksimum yaitu 228,75 sesuai dengan peraturan menteri perhubungan nomor : KM 41 Tahun 2010 Bab III pasal 8 ayat 3 .

2. Defleksi maksimum dari kedua hasil variasi simulasi adalah Berat Normal 5345kg (68165N) yaitu 3,2902 mm dan Berat Maksimal 5650kg (72054,45N) yaitu 3,4779 mm. Kedua hasil berada pada batas aman karena tidak melebihi batas maksimal defleksi yaitu 19,29 mm ditetapkan oleh Peraturan Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1729-2002.
3. *Safety Factor* yang dihasilkan pada ketiga simulasi menunjukkan nilai diatas standart yaitu 1,4138 untuk berat normal, sedangkan 1,3375 untuk hasil berat maksimal. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur rangka bus tersebut bisa dikatakan aman dengan batas maksimal berat yang diterima bus yaitu sebesar 5650kg (72054,45N) dengan penambahan penumpang 5 orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Jauhari Dan A. Huda, “Analisa Kekuatan Struktur Rangka Bis Monocoque Medium Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga,” 2011.
- [2] B. A. Subarkah Dan T. Prahasto, “Pemodelan Dan Analisa Uji Pendulum Pada Struktur Rangka Bus Menggunakan Metode Elemen Hingga,” Vol. 2, No. 2, 2014.
- [3] Anwar Dan A. Ruhimat, “Analisis Kekuatan Struktur Kereta Barang ‘Flat Wagon’ = Strength Analysis Of Flat Wagon Structures,” *Mkk*, Vol. 14, No. 1, Hlm. 19, Jun 2014.
- [4] Kementerian Perhubungan, “Km 41 Tahun 2010 Tentang Standar Spesifikasi Teknis Kereta Yang Ditarik Lokomotif.” Menteri Perhubungan, 2010.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. 2002.
- [6] V. Dobrovolsky, *Machine Elements*. 1998.