



ANALISA KEKUATAN DESAIN STRUKTUR RANGKA *CITY BUS* MENGUNAKAN *FINITE ELEMEN ANALYSIS*

Okta Dilla Risqy¹, Noorsakti Wahyudi², Yoga Ahdiat Fakhru³

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

*Email Responden : okta.risqy@gmail.com

(Artikel diterima : bulan dan tahun pengumpulan jurnal, direvisi : bulan dan tahun jurnal terbit)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kekuatan desain struktur rangka *City Bus* 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 *City Bus*. 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 *City Bus* pada kedua variasi dikatakan aman dikarenakan hasil berada di atas standar yang berlaku. Hasil *von mises stress* berurutan dari variasi berat normal yaitu 206,51 MPa, serta untuk variasi berat maksimal yaitu 228,59 MPa. Hasil defleksi berurutan dari variasi berat normal yaitu 1,3626 mm dan untuk variasi berat maksimal yaitu 1,4895 mm. Sedangkan hasil *safety factor* berurutan dari variasi berat normal yaitu 1,477, dan untuk variasi berat maksimal yaitu 1,3342. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa struktur rangka bus aman dengan maksimal penumpang yang bisa ditampung oleh rangka *City Bus* adalah 28-29 penumpang, yang awalnya 23 penumpang atau menambah 5-6 penumpang.

Kata Kunci : Rangka, Finite Elemen Analysis, Pembebanan Vertical, Safety Factor, Tegangan, Defleksi, ANSYS Workbench.

I. PENDAHULUAN

Moda transportasi merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan orang dan/barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Moda transportasi dapat berupa moda transportasi darat, moda transportasi laut, dan moda transportasi udara, dimana masing – masing moda tersebut memiliki ciri dan karakteristik tersendiri [1]. Oleh karena itu *City Bus* 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

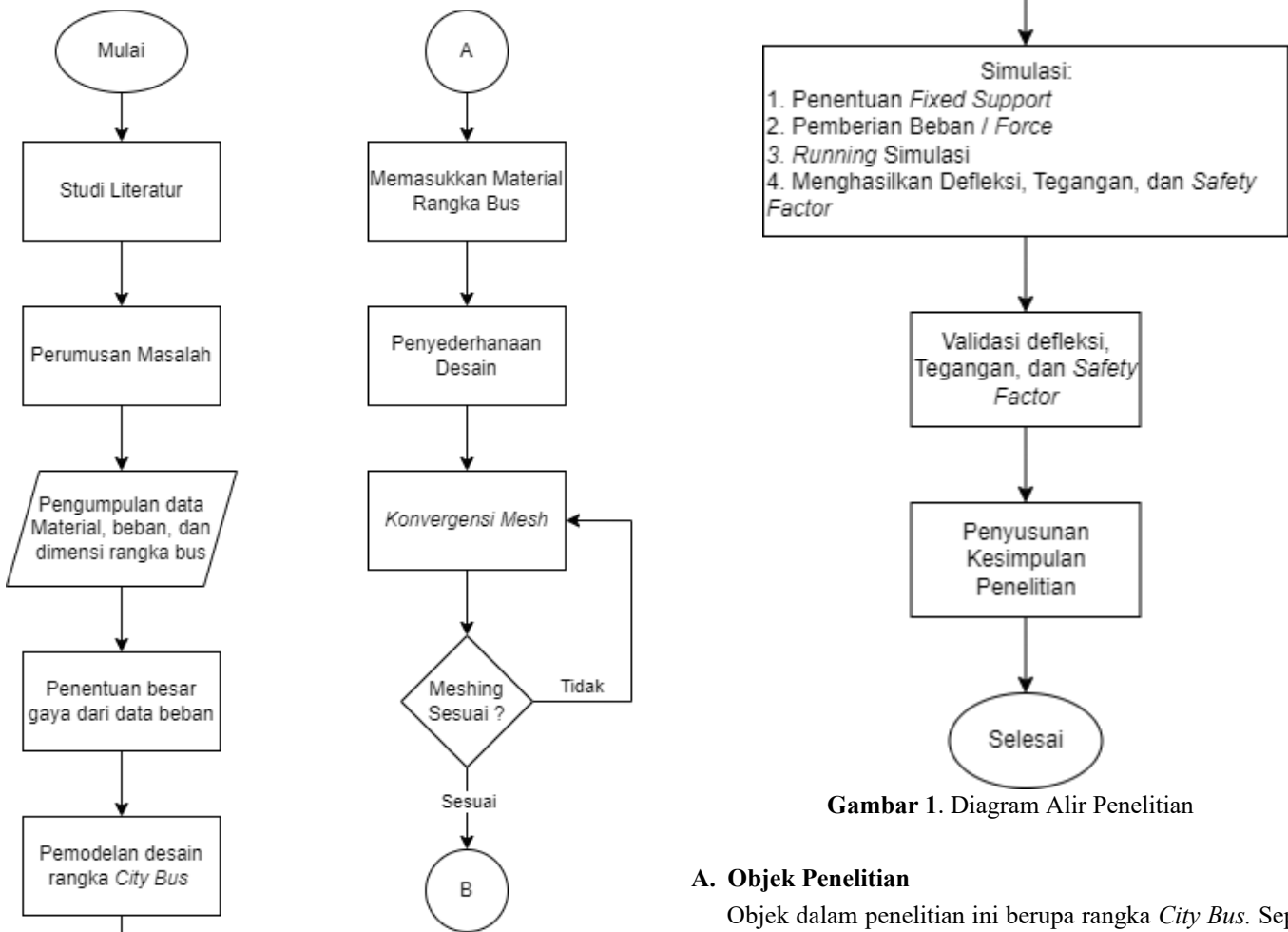
pada bagian sisi samping struktur rangka bus. Besarnya displacement pada bagian tersebut tidak melebihi ruang batas selamat (*residual space*). Oleh karena itu, struktur rangka bus ini aman jika terkena beban pendulum atau kecelakaan terguling (*rollover*). Namun, dalam penelitian ini tidak melakukan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

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, pentingnya untuk meneliti kekuatan rangka *City Bus* menggunakan *finite element analysis* dengan tujuan mengetahui keamanan kekuatan struktur rangka tersebut sehingga dapat dilakukan pengembangan selanjutnya oleh industri.

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 (3.462,5 kg) serta berat

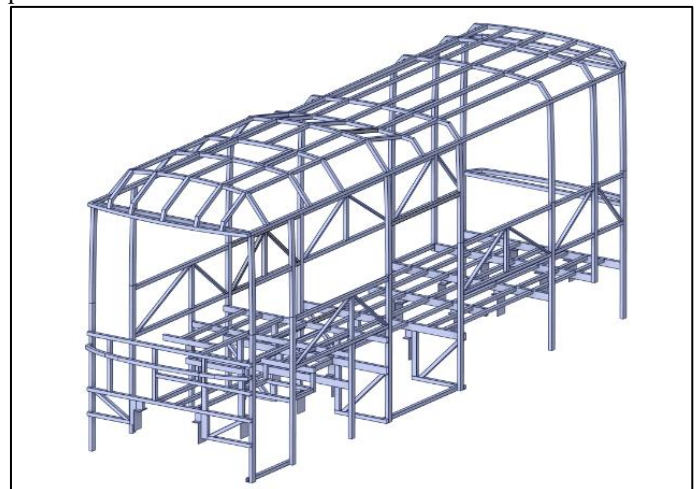
maksimal (3.869,678 kg). Pada penelitian ini menganalisa tegangan *von mises*, defleksi dan *safety factor* dari rangka *City Bus*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini berupa rangka *City Bus*. Seperti pada Gambar 2 di bawah



Gambar 2. Rangka *City Bus*

Proses Simulasi rangka *City Bus* 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[3].

- Berat Normal 3.462,5 kg
 - Pv = Beban Vertikal
 - P = Beban Penumpang dan Komponen
 - g = Gravitasi Bumi (m/s²)
 - Pv = k (P)
 - Pv = 1,3 x 3.462,5
 - Pv = 4.501,25 kg
 - F = Pv x g
 - F = 4.501,25 x 9,81
 - F = 44.157 N
- Berat Maksimal 3.869,678 kg
 - Pv = Beban Vertikal
 - P = Beban Penumpang dan Komponen
 - g = Gravitasi Bumi (m/s²)
 - Pv = k (P)
 - Pv = 1,3 x 3.869,678
 - Pv = 5.030,5814 kg
 - F = Pv x g
 - F = 5.030,5814 x 9,81
 - F = 49.350 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 *City Bus* menggunakan metode elemen hingga.

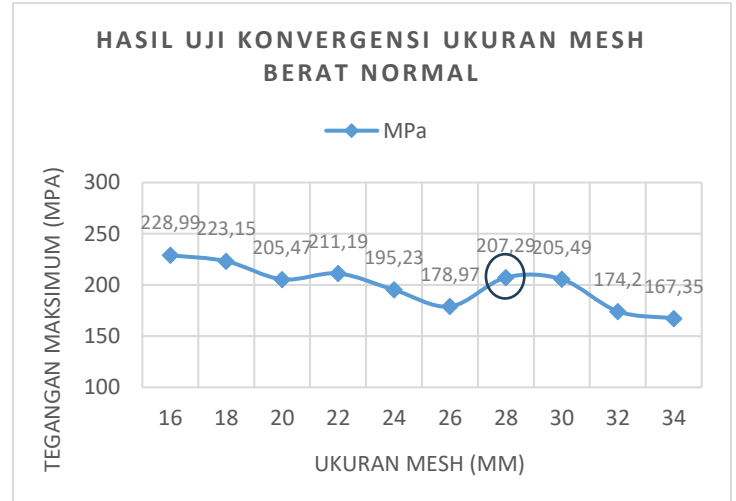
- Pemilihan Metode
- Input Material
- Input Geometri
- Meshing dan Konvergensi Mesh
- Input Fixed Support
- Input Force
- Running Solving
- Analisis Hasil

Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai *von misses stress*, defleksi, dan *safety factor* akibat pembebanan statis.

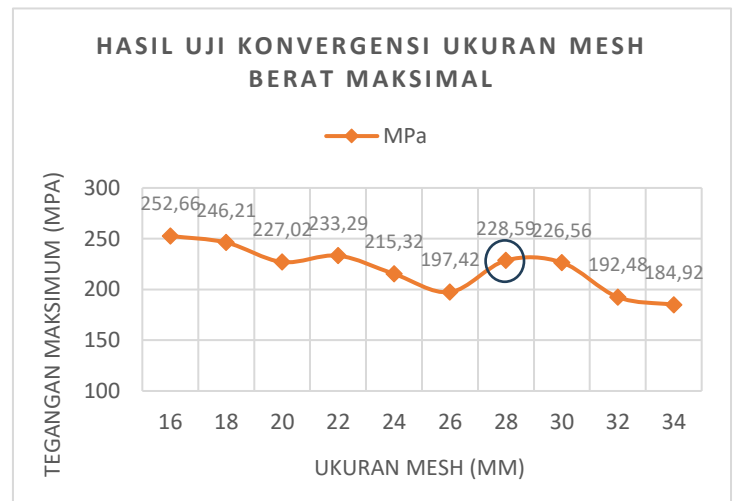
Hasil nilai tersebut digunakan untuk menghasilkan desain yang optimal, tetapi memiliki nilai yang sesuai dengan *von misses stress*, defleksi, dan *safety factor*.

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 Gambar 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 28 mm. Walaupun beban yang diberikan berbeda namun hasil ilai *error* dari kedua variasi pembebanan hampir sama yaitu di sekitar 0,3%.

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].

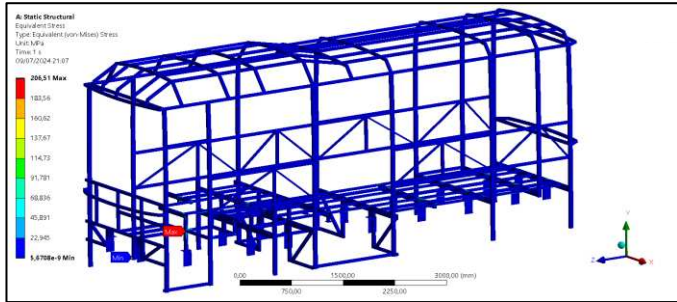
$$\frac{75}{100} \times 305 = 228,75$$

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

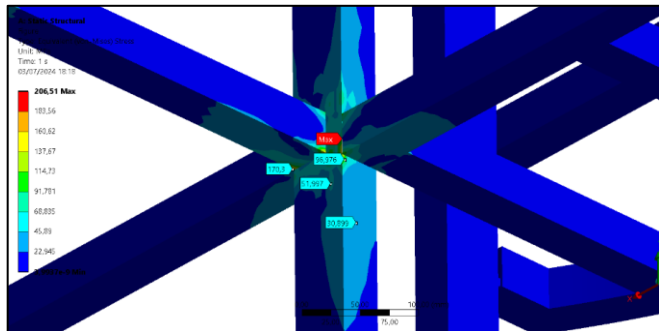
Gambar 5 dan 6 menunjukkan hasil von misses stress berat normal sedangkan gambar 7 dan 8 menunjukkan hasil von misses stress berat maksimal. Berikut tabel hasil von misses stress.

Tabel 2. Hasil Von Misses Stress

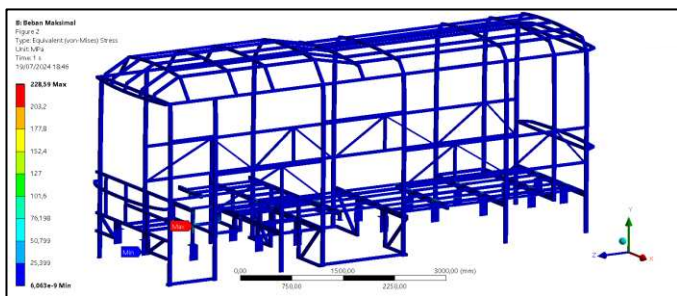
Berat Normal 3.462,5 kg (44.157N)	Berat Maksimal 3.869,678 kg (49.350N)
206,51 MPa	228,59 MPa



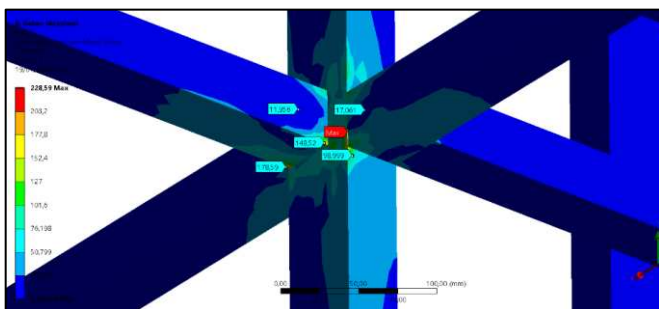
Gambar 5. Von Misses Stress Berat Normal 3.462,5kg (44.157N)



Gambar 6. Von Misses Stress Berat Normal Tampak Dekat 3.462,5kg (44.157N)



Gambar 7. Von Misses Stress Berat Maksimal 3.869,678kg (49.350N)



Gambar 8. Von Misses Stress Berat Maksimal Tampak Dekat 3.869,678kg (49.350N)

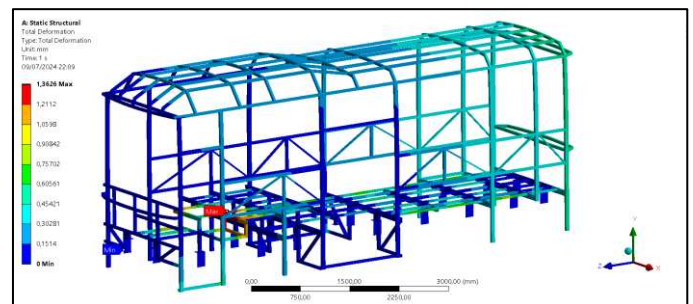
Berdasarkan analisa kekuatan beban rangka City Bus terhadap Von Misses Stress mendapatkan hasil yang berbeda - beda karena dipengaruhi jumlah berat atau beban yang diberikan. Dari kedua hasil von misses stress, hasil pada variasi berat normal didapatkan hasil 206,51 Mpa, sedangkan pada berat maksimal yaitu 228,59 Mpa. Kedua variasi berat memiliki kesamaan yaitu titik kritis tegangan von misses maksimum berada pada sambungan rangka lantai bus bagian depan. 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 City Bus, untuk tegangan von misses stress maksimum 75% tegangan luluh bahan. Hal ini berarti struktur rangka City Bus aman untuk digunakan pada angkutan umum dan layak uji pembebanan.

C. Hasil Defleksi

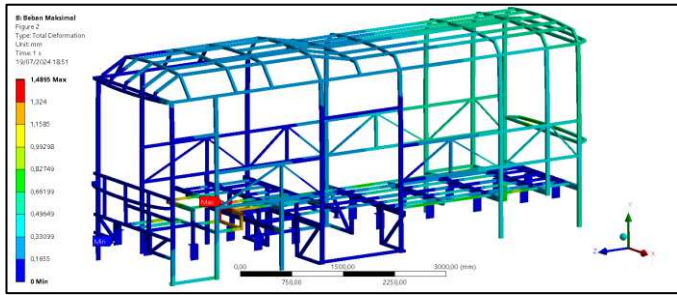
Berikut ini merupakan standar defleksi maximum menurut Peraturan Departemen Pekerjaan Umum SNI 03 – 1729 – 2002 [5].

$$Defleksi\ Maximum = \frac{L}{360} = \frac{7490}{360} = 20,8\ mm$$

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 3.462,5kg (44.157N)



Gambar 10. Defleksi Berat Maksimal 3.869,678kg (49.350N)

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

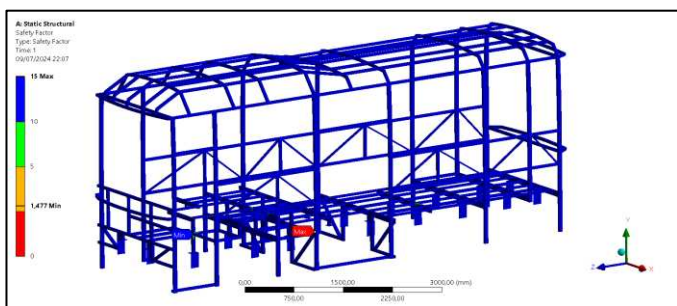
Tabel 3. Hasil Defleksi

Berat Normal 3.462,5 kg (44.157N)	Berat Maksimal 3.869,678 kg (49.350N)
1,3626 mm	1,4895 mm

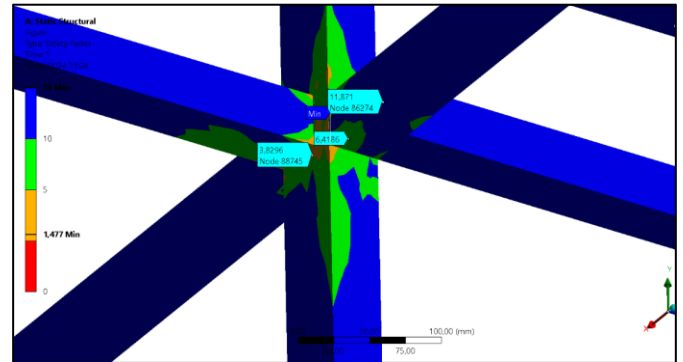
Berdasarkan analisa kekuatan beban rangka *City Bus* terhadap defleksi menunjukkan hasil yang baik dan bagus. Simulasi pertama untuk berat/beban normal terjadi fenomena defleksi maksimal sebesar 1,3626 mm. Defleksi simulasi berat maksimal didapatkan hasil defleksi maksimum sebesar 1,4895 mm. Kedua simulasi mengalami defleksi maksimum di daerah depan rangka lantai *City Bus*. Hal ini disebabkan kurangnya penyangga atau penopang di bagian depan 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 20,8 mm.

D. Hasil Safety Factor

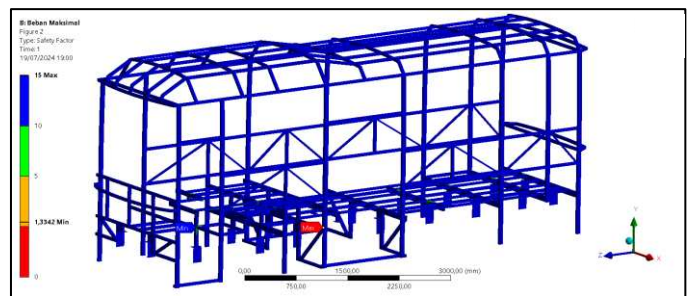
Hasil safety factor mengacu buku Dobrovlosky dalam buku “Machine Elements (1988) “ nilai faktor keamanan dalam pembebanan statis dapat dikatakan aman apabila nilainya $1,25 < Sf$ [6]. Berikut hasil simulasi *safety factor* menggunakan metode elemen hingga



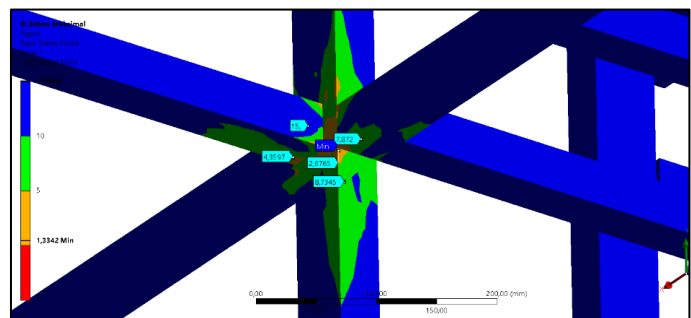
Gambar 11. Safety Factor Berat Normal 3.462,5kg (44.157N)



Gambar 12. Safety Factor Berat Normal Tampak Dekat 3.462,5kg (44.157N)



Gambar 13. Safety Factor Berat Maksimal 3.869,678 kg (49.350N)



Gambar 13. Safety Factor Berat Maksimal Tampak Dekat 3.869,678 kg (49.350N)

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 3.462,5 kg (44.157N)	Berat Maksimal 3.869,678 kg (49.350N)
1,477	1,3342

Berdasarkan analisis kekuatan rangka *City Bus* terhadap *safety factor* simulasi pertama untuk beban normal memiliki hasil sebesar 1,477. Sedangkan untuk simulasi kasus beban berat maksimal (ditambahkan 5 – 6 penumpang) mendapatkan hasil *safety factor* sebesar 1,3342. Kedua hasil *safety factor* tersebut terletak pada sambungan rangka lantai bus bagian depan. 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 3.462,5kg (44.157N) yaitu 1,3626 mm dan Berat Maksimal 3.869,678 kg (49.350N) yaitu 1,4895 mm. Kedua hasil berada pada batas aman karena tidak melebihi batas maksimal defleksi yaitu 20,8 mm ditetapkan oleh Peraturan Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1729-2002.
3. *Safety Factor* yang dihasilkan pada ketiga simulasi menunjukkan nilai diatas standart yaitu 1,477 untuk berat normal, sedangkan 1,3342 untuk hasil berat maksimal. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur rangka bus tersebut

bisa dikatakan aman dengan batas maksimal berat yang diterima bus yaitu sebesar 3.869,678 kg (49.350N) dengan penambahan penumpang 5 – 6 orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Mabruwaru, “Analisis Kinerja Angkutan Umum Penumpang di Kota Sorong - Papua Barat (Studi Kasus Trayek A),” *Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 2017.
- [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] Kementerian Perhubungan, “KM 41 Tahun 2010 Tentang Standar Spesifikasi Teknis Kereta yang Ditarik Lokomotif.” Menteri Perhubungan, 2010.
- [4] Menteri Perhubungan, *Standar Spesifikasi Teknis Kereta Yang Ditarik Lokomotif*. dalam KM. 41 TAHUN 2010. 2010.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*, (Pp. 1-184). dalam SNI 03 - 1729 - 2002. 2002.
- [6] R. Maulana, “Analisis Kekuatan Dan Optimasi Desain Struktur Powerpack Frame Kereta Ukur LRT Jabodebek Dengan Finite Element Analysis,” 2023.