

ANALISA PEMBEBANAN STATIS MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

STUDI KASUS TRAILER KAPAL BERBOBOT 22 TON

Rusdi Dahlan

*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
rusdidahlan73@gmail.com*

Abstrak

Trailer adalah rancangan konstruksi sederhana untuk menopang kapal laut yang akan dipindahkan dalam fase pengembangan (*development*). Trailer terbuat dari berbagai konstruksi baja dengan kekuatan yang cukup untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Pada jurnal ini dibahas tentang analisa berbasis elemen hingga terhadap trailer yang terbuat dari Baja ST 50 yang akan menahan beban kapal laut mencapai 22 Ton. Simulasi elemen hingga dibatasi pada pembebanan statik dan reaksi struktur diasumsikan masih di zona linier elastis sehingga elemen yang digunakan dan metoda simulasi elemen hingga yang dilakukan juga masih dalam area linier elastis. Dari simulasi elemen hingga, dapat diketahui besar tegangan, defleksi, dan nilai faktor keselamatan trailer. Simulasi metode elemen hingga yang dilakukan menghasilkan nilai tegangan sebesar 472,636 MPa, nilai defleksi terbesar adalah 6,389 mm dan nilai faktor keselamatan terkecil adalah 0,49. Hasil simulasi ini selaras dengan hasil pengujian terhadap trailer yang menunjukkan bahwa perlu dilakukan penguatan terhadap trailer untuk menghindari konsentrasi tegangan yang besar.

Kata kunci : trailer, 22 ton, tegangan, defleksi, metode elemen hingga.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan penjualan kapal laut menuntut industri perkapalan harus dapat mengirimkan segera kapal-kapal yang telah diproduksi. Salah satu aspek penting dalam pengiriman kapal adalah peluncuran kapal dari galangan ke perairan. Industri perkapalan atau galangan kapal pembuat kapal laut, memiliki metode yang berbeda saat peluncuran kapal dari galangan (darat) ke perairan. Salah satu metode yang digunakan adalah menggunakan trailer.

Trailer yang digunakan dalam mobilisasi kapal di galangan harus mampu menahan beban kapal dengan baik. Selain penentuan material yang tepat, perlu juga dilakukan analisa kekuatan struktur trailer. Salah satu metode analisa yang dapat digunakan adalah metode elemen hingga. Metoda elemen hingga akan memberikan gambaran tegangan dan deformasi yang terjadi, sehingga area-area yang kritis terhadap beban dapat dipastikan apakah masih aman atau tidak saat digunakan.

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode diskretisasi ruang atau *spatial discretization method*. Metode elemen hingga (dalam aplikasi praktis disebut pula analisis elemen hingga) adalah teknik numerik untuk mendapatkan solusi pendekatan dari suatu persamaan diferensial parsial dan persamaan integral (Felippa, C.A., 2004)

Simulasi metoda elemen hingga yang dilakukan di jurnal ini menggunakan data 3 dimensi solid, sedangkan jenis elemen yang digunakan adalah tetrahedral. Elemen jenis ini dipilih karena dapat mengikut garis kontur dengan baik.

Berikut adalah gambar yang menunjukkan deskripsi trailer yang disimulasikan.



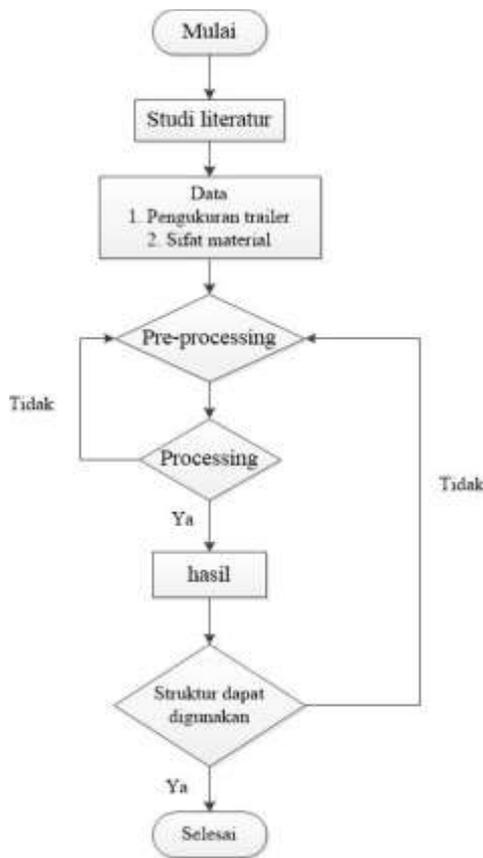
Gambar 1 Trailer (fase *development*)
Sumber: Data Sekunder



Gambar 2 Trailer saat digunakan
Sumber: Data Sekunder

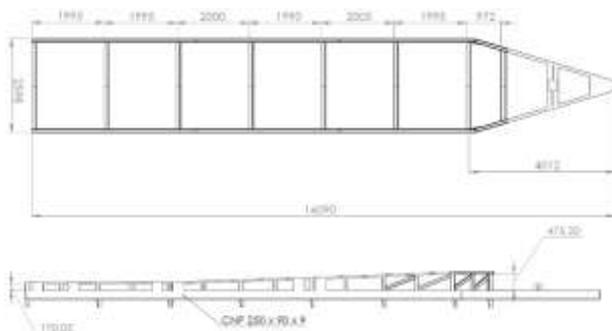
2. METODOLOGI

Simulasi metoda elemen hingga terhadap struktur trailer dilakukan dengan mengikuti flow kerja berikut ini.

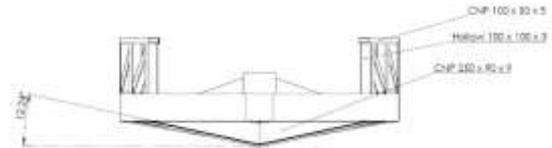


Gambar 3 Diagram alir simulasi Trailer
Sumber: Penelitian Mandiri

Trailer yang akan dianalisa dengan metoda elemen hingga ini disesuaikan dengan ukuran maksimum kapal dengan bobot 22 ton. Dari pendataan di lapangan (database perusahaan X) diketahui target dimensi trailer adalah seperti diperlihatkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4 Dimensi Trailer (pandangan atas dan samping dalam mm)
Sumber: Data Sekunder



Gambar 5 Dimensi Trailer (pandangan depan dalam mm)
Sumber: Data Sekunder

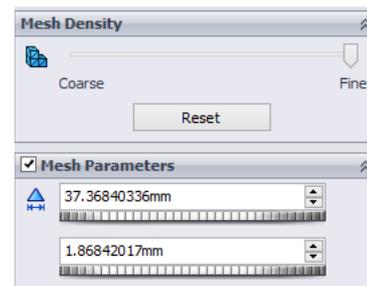
Material yang digunakan untuk membuat trailer ini adalah ST 50. Sifat-sifat material yang dijadikan masukan saat simulasi metoda elemen hingga ditampilkan di table 1. Data ini diambil dari *database software* metoda elemen hingga yang digunakan.

Tabel 1 Data Sifat Material Trailer (setara ST 50)

Property	Value	Units
Elastic modulus	2.100000031e+011	N/m ²
Poisson's ratio	0.28	N/A
Shear modulus	7.9e+010	N/m ²
Mass density	7800	kg/m ³
Tensile strength	470000000	N/m ²
Compressive Strength in X		N/m ²
Yield strength	275000000	N/m ²
Thermal expansion coefficient	1.1e-005	/K
Thermal conductivity	14	W/(m K)
Specific heat	440	J/(kg K)

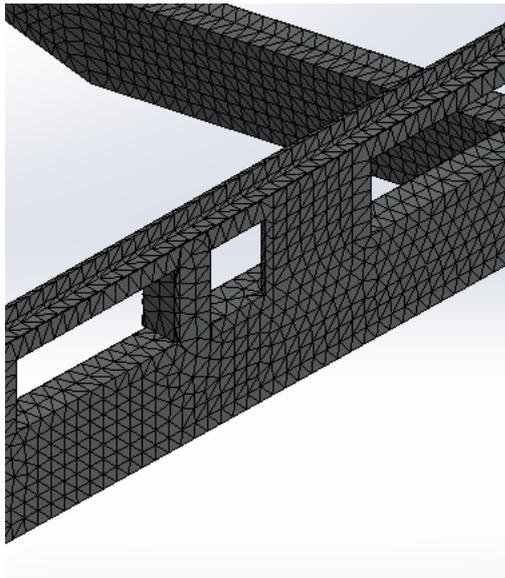
Sumber: Data Sekunder

Saat preprocessing ukuran mesh disetting sesuai dengan gambar 6.



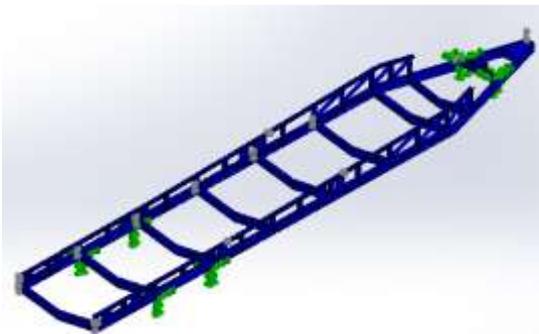
Gambar 6 Setting ukuran Mesh
Sumber: Data Sekunder

Deskripsi hasil meshing diperlihatkan di gambar 7.



Gambar 7 Hasil Meshing Trailer
Sumber: Data Sekunder

Jenis tumpuan yang digunakan di simulasi trailer ini adalah jenis tumpuan tetap (fix). Lokasi tumpuan belakang merupakan tempat kedudukan roda trailer dan balok penyangga. Tumpuan depan adalah tempat kedudukan roda depan yang berada di dekat ujung depan trailer. Deskripsi tumpuan trailer diperlihatkan di gambar 8.



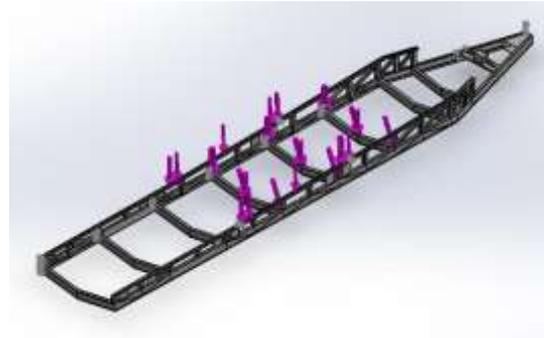
Gambar 8 Tumpuan Trailer di Simulasi
Sumber: Data Sekunder

Dari pengecekan data lapangan beban yang ditahan oleh trailer dapat dibagi menjadi beban depan dan beban belakang dengan komposisi beban sebagai berikut :

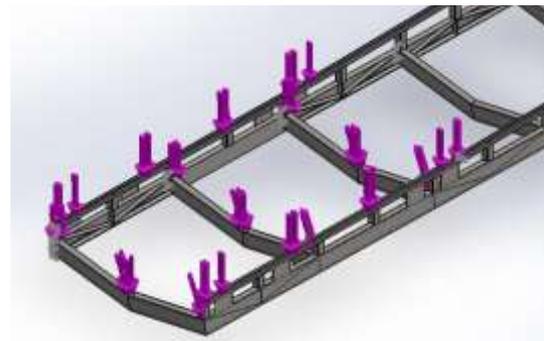
- Berat depan : $6\,670\text{ kg} \times 9,8 = 65\,366\text{ N}$
- Berat belakang : $15\,330\text{ kg} \times 9,8 = 150\,234\text{ N}$

Gambar 9 memperlihatkan deskripsi pembebanan depan saat simulasi elemen hingga dan gambar 10 memperlihatkan

deskripsi pembebanan belakang. Beban ini bekerja secara merata di struktur hollow.



Gambar 9 Beban Depan Trailer
Sumber: Data Sekunder



Gambar 10 Beban Belakang Trailer
Sumber: Data Sekunder

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi metoda elemen hingga untuk menganalisa kekuatan tráiler menghasilkan tiga parameter hasil simulasi yang akan dibahas lebih lanjut yaitu tegangan *von mises*, defleksi dan faktor keamanan struktur.

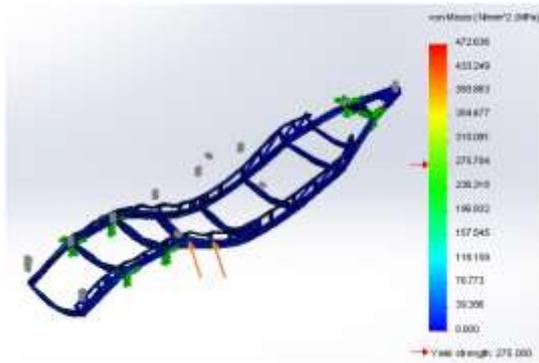
3.1 Hasil Simulasi

Tabel 2 Hasil Simulasi Trailer (Metoda Elemen Hingga)

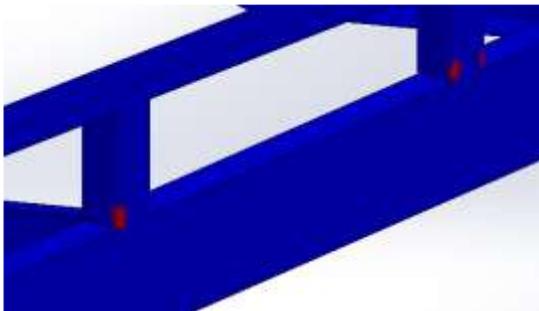
Parameter	min
$\sigma_{\text{von mises maks}}$ (MPa)	472,64
defleksi maks (mm)	6,84
Faktor keamanan terkecil	0,49

Sumber: Hasil Olah Data

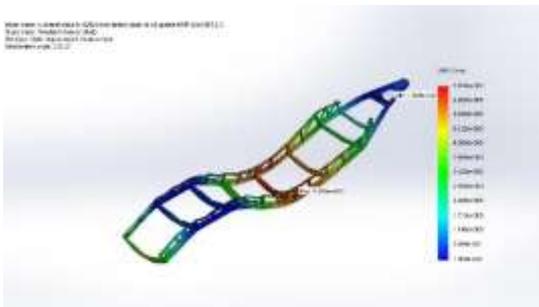
Lokasi struktur yang mengalami tegangan *von mises* tertinggi ditunjukkan pada gambar 11 dengan detail terkait di gambar 12. Lokasi defleksi maksimum ditunjukkan pada gambar 13. Untuk faktor keamanan terkecil terjadi di lokasi tegangan *von mises* maksimum.



Gambar 11 Lokasi Tegangan Von Mises Maksimum (tanda panah orange)
 Sumber: Hasil Olah Data



Gambar 12 Detail Lokasi Tegangan Von Mises Maksimum
 Sumber: Hasil Olah Data

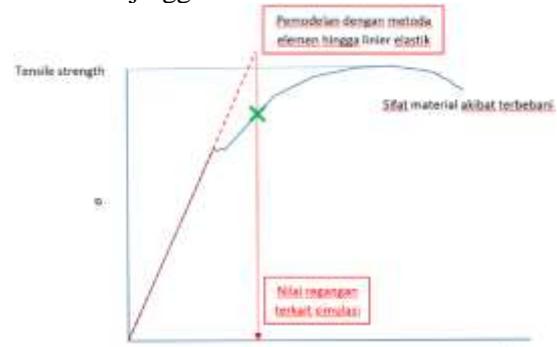


Gambar 13 Distribusi Defleksi Trailer (maksimum defleksi berwarna merah)
 Sumber: Hasil Olah Data

3.1 Pembahasan Hasil Simulasi

Tegangan *von mises* maksimum hasil simulasi metode elemen hingga di atas kekuatan luluh maksimal baja ST 50 dan bahkan sedikit lebih tinggi dari kekuatan tariknya. Hasil yang diperoleh adalah hasil simulasi metode elemen hingga dengan pendekatan sifat material *linier elastic*, dimana nilai modulus elastisitasnya tetap

selama struktur terbebani. Kondisi simulasi *linier elastic* ini dapat dipahami dengan gambar 14. Struktur terbebani akan bereaksi sesuai kurva tegangan-regangan, sedangkan pemodelan metode elemen hingga *linier elastic* akan mengikuti garis lurus putus-putus berwarna jingga.



Gambar 14 Pemodelan elemen hingga linier elastis terhadap aktual tegangan di struktur
 Sumber: Hasil Olah Data

Tegangan aktual yang terjadi di tráiler tidak melebihi kekuatan tarik, tetapi diperkirakan sedikit di atas yielding (secara hipotetis tegangan yang terjadi adalah di tanda silang berwarna hijau pada gambar 14).

Agar diperoleh hasil yang sesuai dengan aktual, maka pemodelan elemen hingga harus menggunakan pendekatan elastis – plastis dan ini membutuhkan sifat material yang riil dari hasil uji tarik yang dimasukkan sebagai nilai property material titik per titik di software CAE yang digunakan.

Pengecekan aktual trailer *similar* yang ada di lapangan, setelah mendapat beban 22 tonf diketahui bahwa telah terjadi deformasi plastis, sesuai perkiraan saat simulasi metode elemen hingga.

Defleksi plastis sebesar 6,84 mm cukup kecil jika dibandingkan dengan ukuran panjang tráiler yang mencapai 16 m (hanya 0,04%). Tetapi defleksi plastis ini akan terus bertambah saat tráiler digunakan berulang, sehingga umur trailer akan menjadi pendek.

Faktor keselamatan di bawah 1 (hasil simulasi metoda elemen hingga $k= 0,49$) menunjukkan desain trailer perlu diperkuat, terutama di area dimana tegangan *von mises* yang terjadi melebihi yielding.

4. KESIMPULAN

Simulasi trailer beban statik 22 ton dengan metoda elemen hingga memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Desain awal trailer tidak aman digunakan ketika diberi beban 22 ton karena nilai tegangan hasil analisa yang besar, melebihi yielding dan faktor keselamatan di bawah 1, serta terjadi deformasi plastis yang terkonfirmasi di aktual trailer yang similar.
2. Struktur trailer perlu diperkuat di area dimana tegangan von mises melebihi yielding dan disimulasikan ulang dengan metoda elemen hingga.
3. Agar diperoleh hasil yang sesuai dengan aktual, maka pemodelan elemen hingga harus menggunakan pendekatan elastis – plastis dan ini membutuhkan sifat material yang riil, yang akan digunakan untuk mengekstraksi nilai modulus elastisitas per titik regangan secara diskrit.

DAFTAR PUSTAKA

- Basori, Syafrizal, Suharwanto. (2015, April). *Analisis defleksi batang lentur menggunakan tumpuan jepit dan rol pada material aluminium 6063 profil U dengan beban terdistribusi*. Jurnal konversi energi dan manufaktur UNJ.
- Cook, R.D., Malkus, D.S., Plesha, M.E., Witt, R.J. (2002). *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
- Felippa, C.A. (2004). *Introduction to Finite Element Methods*, Department of Aerospace Engineering Sciences and Center for Aerospace Structures, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309-0429, USA.
- Gere, James M. (2004). *Mechanics of materials, Sixth edition*. Brooks/Cole, a division of thomson learning, Inc.
- Gunawan, Rudy. (1988). *Tabel profil konstruksi baja*. Kanisius.
- Oñate, Eugenio. (2009). *Structural analysis with the finite element method linear static, volume 1. Basis and solid*. Springer.