

## DESAIN DAN ANALISIS GERBONG DATAR (PPCW) KERETA API DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

\*Kevin Agustian Rayendri<sup>1</sup>, Djoeli Satrijo<sup>2</sup>, Ojo Kurdi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: kevinagustian26@gmail.com

### Abstrak

Salah satu contoh pengangkutan barang yang cukup penting adalah pengangkutan kontainer. Gerbong datar PPCW merupakan jenis gerbong yang paling sederhana bentuknya dan biasanya digunakan untuk mengangkut barang yang berupa peti kemas. Guna mendukung fungsinya, maka diperlukan suatu analisis terhadap *under frame* kereta.

Gerbong dianalisis kekuatannya menggunakan metode elemen hingga (MEH). Beban yang bekerja pada struktur, disimulasikan mendekati pembebanan yang sebenarnya. Beban utama yang dikenakan adalah beban muatan atau pembebanan vertikal. Hasil Analisis menggunakan perangkat lunak MEH, menunjukkan bahwa struktur gerbong masih aman dalam segi tegangan.

**Kata kunci:** metode elemen hingga; *underframe*

### Abstract

One of the transportation of goods that is quite important is the transportation of containers. The PPCW flat carriage is the simplest type of carriage and is usually used to transport goods in the form of containers. In order to support its function, an analysis of the *under frame* of the train is needed. The carriages were analyzed for strength using the finite element method (MEH). The load acting on the structure is simulated close to the actual load. The main load that is imposed is the cargo load or vertical loading. The results of the analysis using the MEH software show that the carriage structure is still safe in terms of stress.

**Keyword:** finite element method; *underframe*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan desain dari gerbong datar terus berkembang sampai saat ini. Perkembangan didasarkan pada kapasitas angkut dan bentuk rangka dasar (*underframe*). Dalam suatu perancangan gerbong datar perlu memperhatikan keamanan struktur rangka. Desain gerbong datar secara keseluruhan dituntut untuk mampu menahan beban axial dan gaya tarik-tekan pada kedua ujung gerbong. [1][2] Beban axial dari kontainer dan rangka akan diteruskan ke *bogie* dan roda. Sedangkan gaya tarik-tekan terjadi pada saat kereta mulai berjalan, saat kereta berjalan, dan saat kereta akan berhenti.[3]

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok yaitu kelompok analisis struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi analisis tegangan (*stress*), *buckling*, dan getaran, sedang permasalahan non struktur meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi dari potensial listrik dan potensial magnet[4][10]

*Underframe* merupakan struktur yang terdiri dari rangkaian *beam* yang disusun sedemikian rupa agar menyesuaikan bentuk muatan untuk menerima gaya berat dari muatan dan diteruskan ke *bogie* melalui bagian *center pivot*. Komponen yang terdapat pada *underframe* antara lain *Center sill*, *Side sill*, *End sill*, *Cross beam*, *Bolster*, *Center cross beam*. [3][5]

Material yang digunakan pada desain gerbong datar PPCW ini adalah SS490 yang merupakan baja roll campuran karbon rendah. SS490 memiliki kekuatan Tarik maksimal sebesar 490 MPa,  $E = 210$  GPa, Poisson ratio = 0.3, tegangan luluh = 325 MPa, dan memiliki kandungan karbon sebesar 0,24 %. [6]

Beban utama yang diterima pada struktur *underframe* dibagi menjadi 2, yaitu *off the road* dan *on the road*. Pada analisis *off the road* dilakukan pengujian statis dengan menggunakan standar JIS (*Japan Industrial Standart*) yaitu beban struktur, beban muatan, beban tekan, dan beban kombinasi antara tekan dan muatan.[7] Sedangkan analisis *on the road*

dilakukan dengan memperhitungkan gaya yang terjadi pada gerbong paling depan atau di belakang lokomotif. Terdapat tahanan yang terjadi saat kereta api berjalan atau kondisi *on the road*. Terdapat 3 lintasan yang diperhitungkan yaitu lintasan datar, tanjakan, tikungan. Selain itu juga ada tahanan saat diberikan percepatan dan kombinasi dari seluruh tahanan, pada kasus ini diasumsikan terdapat 10 gerbong datar yang ditarik oleh lokomotif CC206.[8][9]

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pemodelan gerbong diawali dengan penentuan geometri. Perhitungan geometri meliputi jenis *beam* yang digunakan dan juga dimensi dari *beam* yang digunakan. Penentuan geometri mengacu pada gerbong PPCW 57 Ton buatan PT. INKA. Pada pemodelan gerbong dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Solidworks* 2017. Setelah dilakukan pemodelan dengan aplikasi *Solidworks*, dilanjutkan dengan proses simulasi dengan aplikasi *Altair Hyperworks* 2019.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah diberikan pembebanan yang sesuai dengan pembahasan pada bab sebelumnya maka didapatkan hasil sebagai berikut :

### 3.1 Analisis Off The Road

Analisis *off the road* dibagi menjadi 4 yaitu beban struktur, beban muatan, beban tekan, dan beban kombinasi. Pada saat pembebanan muatan dilakukan perubahan pada struktur *center sill* dan juga dilakukan penebalan plat pada *center sill* dan kemudian didapatkan hasil tegangan maksimal dibawah tegangan luluh material yang digunakan. Dari hasil pengujian analisis *off the road* dengan pembebanan kombinasi didapatkan hasil tegangan maksimal yaitu 231,738 MPa. Dari hasil tersebut maka masih dinyatakan aman karena di bawah dari tegangan maksimal material yang digunakan yaitu 325 MPa.

### 3.2 Analisis On The Road

Analisis *on the road* gerbong disimulasikan pada beberapa kondisi lintasan yaitu datar, tanjakan, tikungan dan dipercepat pada lintasan datar. Pada analisis ini tidak dilakukan perubahan pada bentuk atau dimensi geometri karena diasumsikan pada simulasi ini gerbong sudah jadi. Dari hasil pengujian analisis *off the road* dengan pembebanan kombinasi didapatkan hasil tegangan maksimal yaitu 164,859 MPa. Dari hasil tersebut maka masih dinyatakan aman karena di bawah dari tegangan maksimal material yang digunakan.

## 4. KESIMPULAN

1. Material yang digunakan adalah jenis SM 490A dengan *Yield's Strength* maksimum 245 Mpa dan 325 MPa. SM 490A untuk konstruksi penguat dan rangka dasar.
2. Dari hasil analisa beban disimpulkan struktur gerbong sudah layak karena tegangan dan defleksi yang dihasilkan masih dalam batas aman.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andreas, T., Sukarnoto, T., & Soeharsono, S. (2019). Analisis Kekuatan Struktur pada Gerbong Datar. *Mesin*, 10(1), 29–34. <https://doi.org/10.25105/ms.v10i1.4133>
- [2] Satrijo, Djoeli & Prahasto, Tony (2007). Analisis Kekuatan *Under Frame* Kereta Barang Menggunakan Metode Elemen Hingga.
- [3] Shigley, J. E., & Mitchell, L. D. (1986). *Perencanaan teknik mesin*. Erlangga, Jakarta.
- [4] Susatio, Y. (2004). Dasar-dasar Metode Elemen Hingga. *Penerbit Andi: Yogyakarta*.
- [5] [www.inka.co.id](http://www.inka.co.id) (2017) <https://www.inka.co.id/product/view/15> --- (diakses pada tanggal 18 September 2022 jam 15.45 WIB).
- [6] Satrijo, Djoeli, & Praditha, Enricko Luthfan (2012). Desain dan Analisa Gerbong Kereta Api Pengangkut Batu *Ballast* Dengan Metode Elemen Hingga.
- [7] Subyanto, M (1977). *Dinamika Kendaraan Rel*. Bandung : -.
- [8] Popov, E. P., & Astamar, Z. (1996). Mekanika Teknik edisi kedua. *Penerbit Erlangga: Jakarta*.
- [9] Juvinall, R, C. Marshek, K. M. *Fundamental of Machine Component Design*. New York: John Willey & Sons. 1991.
- [10] Darmawan. *Teknologi Jalan Rel*. Bandung. 2001