

PERBAIKAN DESAIN ALAT BANTU PENGANGKATAN BOGIE UNTUK PENGIRIMAN GERBONG DATAR UGL 60FT DENGAN METODE REVERSE ENGINEERING

M. Thoriq Aqilalhasib Samas

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: msamas.19041@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan memperbaiki desain alat bantu pengangkatan bogie untuk pengiriman gerbong datar UGL 60FT yang memiliki kendala berupa ketidaksesuaian dimensi, kesulitan pemasangan, dan tegangan yang melebihi batas luluh material. Penelitian menggunakan metode reverse engineering melalui identifikasi kekurangan desain lama berdasarkan studi dokumen, gambar kerja, observasi alat, trial pemasangan, dan masukan dari bagian engineering PT INKA. Hasil identifikasi digunakan sebagai dasar pemodelan desain lama dan desain perbaikan menggunakan Autodesk Inventor. Desain baru kemudian divalidasi melalui pengamatan kesesuaian dimensi dan simulasi static structural dengan metode elemen hingga menggunakan ANSYS. Material yang digunakan dalam simulasi adalah baja SS400 dengan kekuatan luluh sebesar 245 MPa. Perbaikan dilakukan pada komponen support assy, support plate, assembly axle hanger, serta mekanisme baut dan mur pengikat. Perubahan desain meliputi penyesuaian ketebalan dan dimensi komponen, penambahan bidang penahan round sling, peningkatan ruang bebas terhadap bogie dan underframe, serta penyederhanaan mekanisme pemasangan. Hasil simulasi menunjukkan tegangan ekuivalen maksimum desain baru sebesar 99 MPa, lebih rendah daripada desain lama sebesar 296 MPa dan masih berada di bawah kekuatan luluh material. Deformasi maksimum desain baru sebesar -0,13 mm. Berdasarkan hasil tersebut, desain baru memenuhi kriteria kekuatan material, kesesuaian dimensi, keamanan posisi round sling, dan kemudahan pemasangan sehingga dapat dijadikan dasar pembuatan alat bantu pengangkatan bogie.

Kata Kunci: Reverse Engineering, CAD, CAE, Alat Bantu Bogie

Abstract

This study aims to improve the design of a bogie lifting device for the shipment of UGL 60FT flat wagons, which had issues including dimensional incompatibility, installation difficulty, and stress exceeding the material yield strength. The study employed the reverse engineering method through identification of the existing design's deficiencies based on document reviews, engineering drawings, tool observation, installation trials, and input from the engineering department of PT INKA. The identification results were used as the basis for modeling both the existing and the improved designs using Autodesk Inventor. The new design was then validated through dimensional conformity assessment and static structural simulation using the finite element method in ANSYS. The material used in the simulation was SS400 steel with a yield strength of 245 MPa. Improvements were made to the support assembly, support plate, axle hanger assembly, and the bolt-and-nut fastening mechanism. Design modifications included adjustments to component thickness and dimensions, addition of a round sling retaining surface, increased clearance from the bogie and underframe, and simplification of the installation mechanism. Simulation results showed that the maximum equivalent stress of the new design was 99 MPa, lower than the previous design's 296 MPa, and remained below the material yield strength. The maximum deformation of the new design was -0.13 mm. Based on these results, the new design meets the criteria of material strength, dimensional conformity, round sling position safety, and ease of installation, making it suitable as a basis for manufacturing the bogie lifting device.

Keywords: Reverse Engineering, CAD, CAE, Bogie Lifting Device

PENDAHULUAN

PT Industri Kereta Api (PT INKA) adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berfokus pada manufaktur kereta api dan menjadi perusahaan terintegrasi pertama di Asia Tenggara. Produk PT INKA telah diekspor ke berbagai negara termasuk Bangladesh, Filipina, Malaysia, Thailand, Singapura, Australia, dan New Zealand. Salah

satu produk yang sedang dalam proses pengiriman adalah gerbong datar UGL 60FT pesanan perusahaan New Zealand UGL.

Gerbong datar UGL 60FT memiliki spesifikasi panjang 19.360 mm, lebar 2.460 mm, tinggi 915 mm, dan berat 17,1 ton. Komponen utamanya terdiri dari underframe sebagai rangka bawah dan bogie dengan berat 10 ton tiap unitnya. Dalam proses pengiriman jarak jauh melewati lautan, alat

bantu pengangkatan bogie berfungsi sebagai penahan bolster untuk mengurangi risiko kerusakan selama pengiriman berlangsung.

Alat bantu pengangkatan bogie yang tersedia di PT INKA saat ini memiliki beberapa kekurangan, yaitu: deformasi pada struktur akibat tegangan melebihi batas material SS400, ketidaksesuaian dimensi yang menyebabkan komponen membentur bagian underframe dan bogie, serta efisiensi pemasangan yang rendah. Kekurangan tersebut menimbulkan kerugian waktu dan biaya secara ekonomis.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan metode Reverse Engineering dengan bantuan software CAD dan CAE. Software CAD memungkinkan pemodelan desain lama untuk identifikasi kekurangan, sedangkan CAE dengan Finite Element Method (FEM) memungkinkan simulasi tegangan dan deformasi sebelum manufaktur sehingga meminimalkan kesalahan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan desain akhir alat bantu pengangkatan bogie yang lebih sesuai kebutuhan, efisien biaya, dan tidak mengalami deformasi struktural yang merugikan (Wirawan, 2022; Seshu, 2012).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Reverse Engineering yang dilaksanakan di PT INKA (Persero), Madiun. Objek penelitian adalah alat bantu pengangkatan bogie dan underframe gerbong datar UGL 60FT. Material yang digunakan adalah baja SS400. Penelitian ini merupakan redesain berbasis reverse engineering terhadap alat bantu pengangkatan bogie UGL 60FT. Objek penelitian adalah desain lama alat bantu di PT INKA. Data penelitian terdiri atas gambar kerja, dimensi komponen, hasil trial pemasangan, masukan engineering, hasil pemodelan CAD, serta hasil simulasi tegangan dan deformasi.

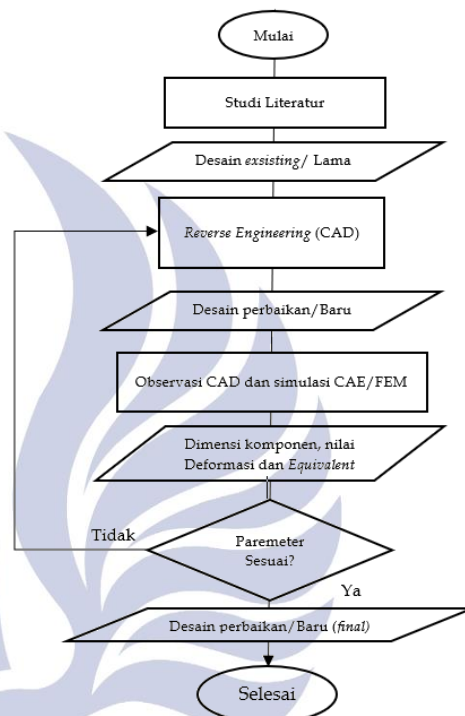


Gambar 1. Alat Bantu Pengangkatan *Bogie* di PT INKA

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan dokumen internal, kemudian pemodelan desain lama dalam bentuk part dan assembly menggunakan Autodesk Inventor. Model tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan desain melalui observasi geometri, trial lapangan, dan data simulasi desain lama. Setelah arah perbaikan ditetapkan, setiap komponen yang

bermasalah dimodelkan ulang dan dirakit menjadi desain baru.

Kemudian dilanjutkan prosedur reverse engineering terdiri atas tiga tahap utama: disassembly atau identifikasi struktur dan dimensi desain lama, assembly atau pemodelan kembali seluruh komponen, dan benchmarking atau perancangan ulang berdasarkan kelemahan yang ditemukan. Pada penelitian ini pembongkaran fisik digantikan dengan observasi alat, dokumen gambar kerja, dan pemodelan digital.



Gambar 2. Flow chart Penelitian

Validasi atau Benchmarking analisa data dilakukan melalui dua pendekatan. Pertama, observasi CAD untuk memeriksa interferensi, clearance, hubungan antartpart, dan kemudahan pemasangan. Kedua, simulasi static structural menggunakan Ansys. Model CAD diimpor ke Ansys, diberi material SS400, ditentukan kondisi tumpuan dan beban pada area round sling, kemudian dilakukan meshing. Hasil postprocessing yang digunakan adalah equivalent stress dan total deformation.

Kriteria desain dinyatakan terpenuhi apabila tegangan maksimum berada di bawah yield strength SS400 sebesar 245 MPa, deformasi tidak mengganggu fungsi alat, round sling tetap tertahan pada support plate, komponen tidak berinterferensi dengan bogie dan underframe, serta mekanisme pengikat lebih mudah digunakan operator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perbandingan Desain Lama dan Desain Baru

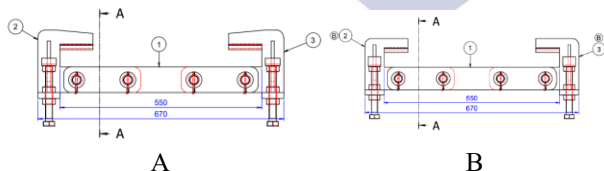
Proses Reverse Engineering mengidentifikasi tujuh permasalahan utama pada desain lama. Tabel 1 merangkum perbandingan desain lama dan desain baru beserta dimana perubahan yang dilakukan dan tujuan perubahan tersebut.

Tabel 1. Perbandingan Desain Lama dan Desain Baru
Alat Bantu Pengangkatan Bogie dan Tujuannya

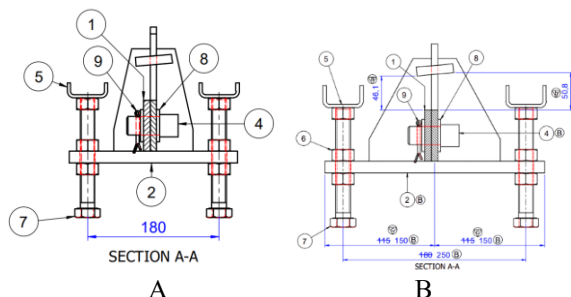
Komponen	Desain Lama	Desain Baru
Support assy	65 mm; tebal 2,3 mm	55 mm; tebal 4,5 mm
	Menurunkan tegangan dan deformasi	
Support plate TL210I170016008	Penahan round sling kurang tinggi Dari 20mm	Bidang penahan ditambah menjadi 30mm
	Mencegah round sling keluar	
Plate axle TL210I170016002 dan TL210I170016006	170 x 280 mm	160 x 280 mm
Plate penghubung TL210I170016005	50 x 90 mm	50 x 75 mm
	Menyesuaikan perubahan plate axle	
Plate utama TL210I170016003	60 x 230 mm	60 x 300 mm
	Menambah ruang terhadap as bogie	
Stiffener TL210I170016004	50 x 140 mm	85 x 140 mm
	Menyesuaikan perubahan plate TL210I170016003	
Baut-mur	Nut terpisah dan sulit dipasang	Nut M20 dilas
	Mempermudah dan mempercepat pemasangan	

3. Perbandingan Desain Lama dan Desain Baru

Setelah gambar kerja dan desain tiap komponen atau part dari alat bantu yang baru tersebut dibuat, maka selanjutnya adalah assembly total nya. Dari semua komponen single-part diatas akan di assembly menjadi satu komponen alat bantu pengangkatan Bogie yaitu axle hanger assy seperti dibawah ini. Berikut ini desain assembly alat bantu yang baru jika dibandingkan dengan desain lama.



Gambar 4. Tampak samping *Assembly* alat bantu pengangkatan *Bogie* desain lama (Desain A) dan desain baru (Desain B)



Gambar 5. Tampak Detail potongan A-A *Assembly* alat bantu pengangkatan *Bogie* desain lama (Desain A) dan desain baru (Desain B)

3. Validasi Desain Baru

Validasi desain baru dilakukan dengan membandingkan kesesuaian dimensi akhir alat hasil revisi, hasil simulasi FEM, revisi, dan temuan trial lapangan. Parameter keberhasilan ditetapkan untuk memastikan bahwa desain baru tidak hanya lebih mudah dipasang, tetapi juga layak secara teknis dan aman digunakan pada proses pengangkatan

Tabel 2. Validasi Desain Baru Berdasarkan Parameter Keberhasilan

Komponen	Validasi Desain Baru
Support assy	Menurunkan tegangan dan deformasi, tegangan maksimumnya lebih kecil dari yield strength SS400 (245 MPa) dan defleksi tidak mengganggu fungsi alat.
Support plate TL210I170016008	Penambahan panjang plate mencegah round sling keluar, tetap tertahan pada area support saat proses pengangkatan.
Plate axle TL210I170016002 dan TL210I170016006	Perubahan membuat komponen tidak membentur bracket pipa atas dan area pengelasan underframe, menambah clearance dan mempermudah pemasangan
Plate penghubung TL210I170016005	Perubahan menjaga kesesuaian hubungan antar komponen setelah plate axle direvisi.
Plate utama TL210I170016003	Penambahan panjang plate memberikan ruang pemasangan yang cukup, membantu mengurangi kendala pemasangan pada area as Bogie
Stiffener TL210I170016004	Perubahan dimensi stiffener mengakomodasi plate utama yang menjadi lebih panjang.
Baut-mur	Perubahan meningkatkan kemudahan pemasangan dan efisiensi kerja di lapangan.

Dari tujuh permasalahan yang diidentifikasi pada desain lama, seluruhnya telah ditindaklanjuti melalui perubahan desain baru. Validasi tidak hanya dilihat dari hasil simulasi tegangan dan defleksi, tetapi juga dari kesesuaian dimensi, keamanan posisi round sling, dan kemudahan pemasangan di lapangan. Dengan demikian, desain baru dinilai lebih sesuai terhadap alat bantu pengangkatan Bogie dan underframe UGL 60FT kedepannya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian perbaikan desain alat bantu pengangkatan bogie gerbong datar UGL 60FT dengan metode Reverse Engineering, dapat disimpulkan:

- Perbaikan support assy TL210I170016008A dilakukan melalui penyesuaian panjang, ketebalan, dan tinggi bidang penahan. Desain baru menghasilkan equivalent stress maksimum sekitar 99 MPa, berada di bawah yield strength SS400 sebesar 245 MPa, serta defleksi maksimum sekitar -0,13 mm. Penambahan bidang penahan juga meningkatkan keamanan posisi round sling.

- Perbaikan Assembly Axle Hanger TL210I170016002A dan TL210I170016003A dilakukan dengan mengubah dimensi plate axle, plate penghubung, plate utama, dan stiffener. Perubahan tersebut meningkatkan clearance terhadap bracket, area pengelasan, underframe, dan bogie sehingga mengurangi interferensi dan mempermudah pemasangan.
 - Perbaikan mekanisme baut-mur dengan menyesuaikan posisi kupingan bolt, dan mengelas nut M20 pada plate support. Perubahan ini menyederhanakan proses pemasangan dan meningkatkan efisiensi kerja operator.
- Secara keseluruhan, desain baru memenuhi parameter kekuatan, kesesuaian dimensi, keamanan sling, dan kemudahan pemasangan yang ditetapkan dalam penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, Ir. Priyo Heru A, S.T., M.T., IPM. dan Aris Purwanto, S.Pd., M.Sc selaku Dosen penguji sekaligus pembimbing, serta segenap karyawan, engineering dan operator lapangan PT INKA dan Divisi Teknologi Produksi PT INKA Multi Solusi yang telah mendukung pengumpulan data, observasi, dan penyelesaian penelitian. Selain itu mengucapkan terima kasih kepada Kedua Orang tua yang telah mendoakan untuk kelancaran dan seluruh teman-teman Jurusan Teknik Mesin dan semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Saputra, A. N. (2022). *Desain Adapter Bogie Untuk Gerbong Datar UGL 60 FT*. Madiun: Politeknik Negeri Jakarta.
- Farhan N., S., & Wijaya D., W. H. (2019). *Proses Perakitan Bogie Frame Proyek Bangladesh Type MG*. Madiun: Universitas Brawijaya Malang.
- Suryaman, R. M. (2022). *Rancangan Desain Meja Modular dan Pengadaan Elemen Fixture untuk Pengembangan Pengelasan Minor Assy Cross Beam PT INKA (Persero)*. Madiun: Politeknik Negeri Jakarta.
- Wirawan. (2021). *Reverse Engineering dalam Webinar MTRTM Jurusan Teknik Mesin*. Politeknik Negeri Malang.
- Sunarno. (2013). *Reverse Engineering Outer Body Mobil City Car*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dewantoro, S. (2021). *Reverse Engineering Terhadap Analisis Tegangan Back Ladder Pesawat DHC-6 Twin Otter 300S Dengan Metode Elemen Hingga*. Jakarta: UPN Veteran.
- Maulana, I. (2022). *Simulasi Berbasis Finite Element Method (FEM) Pada Proses Rotary Friction Welding Alloy 6061 T6 Dan Carbon Steel AISI 1018*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wijaya, T. A. (2017). *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Reforming Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik Pada Baja SS400*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anggoro, P. W., Bawono, B., & Yuniarto, T. (2023). *Aplikasi 3D Modelling dan Reverse Engineering: Desain-Manufaktur Produk*. UAJY Press.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2013). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill Education.
- Garside, A. K. (2017). *Manajemen Logistik*. UMM Press.
- Kurowski, P. M. (2020). *Engineering Analysis with SolidWorks Simulation*. SDC Publications.
- Seshu, P. (2012). *Textbook of Finite Element Analysis*. Prentice-Hall of India.
- Saputra, Aldhi Novanda. (2022). *Desain Adapter Bogie Untuk Gerbong Datar UGL 60 FT*. Madiun: Politeknik Negeri Jakarta.
- Farhan N., S., & Wijaya D., W. H. (2019). *Proses Perakitan Bogie Frame Proyek Bangladesh Type MG*. Madiun: Universitas Brawijaya Malang.
- Suryaman, Rea Mauludy. (2022) *Rancangan Desain Meja Modular dan Pengadaan Elemen Fixture untuk Pengembangan Pengelasan Minor Assy Cross Beam PT INKA (persero)*. Madiun: Politeknik Negeri Jakarta.
- Wirawan. (2021). *Reverse Engineering dalam Webinar MTRTM Jurusan Teknik Mesin*. (Online), 2021. Politeknik Negeri Malang.
- Sunarno. (2013). *Reverse Engineering Outer Body Mobil City Car*. Surakarta: Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- S. Dewantoro. (2021). *Reverse Engineering Terhadap Analisis Tegangan Back Ladder Pesawat Dhc-6 Twin Otter 300s Dengan Metode Elemen Hingga*. Jakarta: Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Indraprastha. T. (2015). *Standar Penggambaran CAD*. Bandung: Program Studi Arsitektur Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan Institut Teknologi Bandung .
- PT INKA Multi Solusi. (2021). *Process Instruction: Metode Packing dan Pengiriman Flat Wagon UGL Prototype 1 & 2, PI000I1700101 Rev. G*. Madiun: PT INKA Multi Solusi.
- PT INKA. (2022). *Laporan Trial Proses Angkat Flat Wagon UGL, Nomor LPT.61.PC.170623*. Madiun: PT INKA.
- PT INKA. (2021). *Simulasi Plat UGL*. Madiun: PT INKA.
- Inka.co.id. (2017). *Mengenal Istilah Bogie pada Kereta Api (Bagian 1)*, <https://www.inka.co.id/berita/58>
- Inka.co.id. (2017). *Mengenal Istilah Bogie pada Kereta Api (Bagian 2)*, <https://www.inka.co.id/berita/533>
- Inka.co.id. (2017). *Mengenal Istilah Bogie pada Kereta Api (Bagian 3)*, <https://www.inka.co.id/berita/390>