

**ANALISIS PENGARUH *FLAT WHEEL* TERHADAP KEKUATAN
SHAFT PADA *M-CAR TRAINSET* PT. MRT JAKARTA**



DWI ADI SANTOSO
NIM: 41320120027

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH *FLAT WHEEL* TERHADAP KEKUATAN *SHAFT* PADA
M-CAR TRAINSET PT. MRT JAKARTA



Disusun Oleh:

Nama : Dwi Adi Santoso
NIM : 41320120027
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH *FLAT WHEEL* TERHADAP KEKUATAN *SHAFT* PADA *M-CAR TRAINSET* PT. MRT JAKARTA

Disusun Oleh:

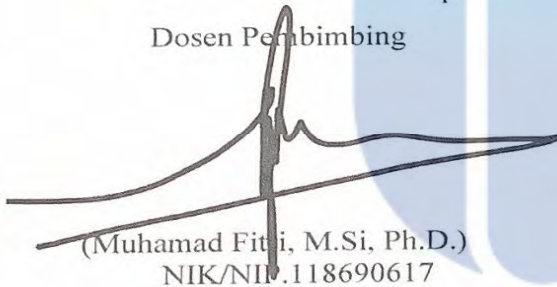
Nama : Dwi Adi Santoso
NIM : 41320120027
Program Studi : Teknik Mesin

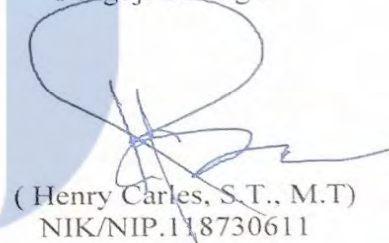
Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: **13 Juli 2022**

Telah dipertahankan di depan penguji

Dosen Pembimbing

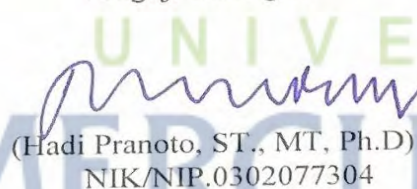
Penguji Sidang I

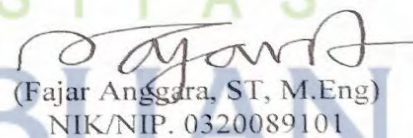

(Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D.)
NIK/NIP.118690617


(Henry Carles, S.T., M.T)
NIK/NIP.118730611

Penguji Sidang II

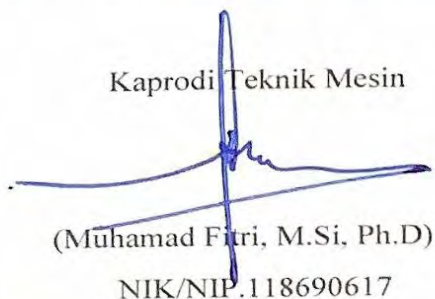
Penguji Sidang III

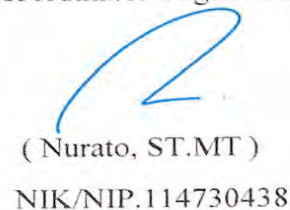

(Hadi Pranoto, ST., MT, Ph.D)
NIK/NIP.0302077304


(Fajar Anggara, ST, M.Eng)
NIK/NIP. 0320089101

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator Tugas Akhir


(Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D)
NIK/NIP.118690617


(Nurato, ST.MT)
NIK/NIP.114730438

Mengetahui,

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dwi Adi santoso

NIM : 41320120027

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *Flat Wheel* Terhadap Kekuatan *Shaft* Pada M-
Car Trainset PT. MRT Jakarta

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

U N I V E R S I T A S
M E R C U B U A N A

Jakarta, 13 Juli 2022



(Dwi Adi Santoso)

PENGHARGAAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh *Flat Wheel* Terhadap Kekuatan *Shaft* pada *M-Car Trainset* PT. MRT Jakarta**” dengan lancar. Dalam kesempatan ini, penulis sampaikan terima kasih mendalam kepada:

1. Bapak Dr. Harwikarya, MT selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Warung Buncit.
3. Bapak Muhamad Fitri, M.Si., Ph. D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Warung Buncit dan pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dengan baik sehingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Nurato, ST.MT selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan begitu banyak kasih sayang, dukungan serta doa.
6. Rekan kerja yang selalu memberikan dukungan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir.
7. Dosen, staf, dan teman-teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang membantu berbagai kegiatan selama perkuliahan.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, baik dari kalangan mahasiswa teknik mesin maupun masyarakat umum.

Jakarta, 13 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN i

HALAMAN PERNYATAAN ii

PENGHARGAAN iii

ABSTRAK iv

ABSTRACT v

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR LAMPIRAN xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. LATAR BELAKANG 1

1.2. RUMUSAN MASALAH 3

1.3. TUJUAN 4

1.4. MANFAAT 4

1.5. BATASAN MASALAH 4

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1. KERETA REL LISTRIK 7

2.2. RODA 9

2.3. RODA *TRAINSET* MRT JAKARTA 10

2.4. POROS 12

2.5. METODE ELEMEN HINGGA 14

2.6. RODA BENJOL 16

2.7. KONTAK RODA DAN REL 17

2.8. FAKTOR KEAMANAN	19
2.9. TEORI ENERGI DISTORSI (VON MISES-HENKY)	21
2.10. TEGANGAN PUNTIR	22
2.11. PENELITIAN TERDAHULU	23
BAB III METODOLOGI	29
3.1. METODE PENELITIAN	29
3.1.1. Diagram Alir Penelitian	29
3.1.2. Diagram Alir Analisis Abaqus dan Proses Analisis Abaqus	30
3.1.3. Diagram Alir Analisis dengan Software Autodesk Inventor Pro 2019 dan Proses Analisis Software Autodesk Inventor Pro 2019	37
3.1.4. Analisis Kekuatan <i>Shaft</i> dengan Metode Perhitungan Manual	44
3.1.5. Proses Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1. PEMODELAN <i>SHAFT</i> SERTA PERMUKAAN RODA DAN REL	51
4.1.1. Pemodelan <i>Shaft</i>	51
4.1.2. Pemodelan Roda dan Rel	52
4.1.3. Permukaan <i>Flat Wheel</i>	55
4.2. ANALISIS <i>IMPACT FORCE</i> DENGAN <i>SOFTWARE ABAQUS</i>	56
4.3. ANALISIS KEKUATAN <i>SHAFT</i> DENGAN PERHITUNGAN MANUAL	62
4.3.1. Pendistribusian Beban (Diagram Benda Bebas)	62
4.3.2. Perhitungan Beban dan Gaya	64
4.3.3. Perhitungan Momen Lentur	65
4.3.4. Perhitungan Momen Tahanan	67
4.3.5. Perhitungan Tahanan Puntir	68
4.3.6. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian A	69
4.3.7. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian B	71

4.3.8. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian I	74
4.3.9. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian II	76
4.3.10. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian O	79
4.3.11. Perhitungan Tegangan <i>Von Mises Shaft</i> pada Bagian G	81
4.4. ANALISIS KEKUATAN <i>SHAFT</i> DENGAN METODE ELEMEN HINGGA	83
4.5. PERHITUNGAN TEGANGAN IJIN <i>MATERIAL</i>	86
4.6. HASIL ANALISIS KEKUATAN <i>SHAFT</i> DENGAN PERHITUNGAN MANUAL DAN ELEMEN HINGGA	87
4.7. ANALISIS GAYA PADA SAAT PENGGEREMAN	89
4.7.1. Analisis Faktor Keamanan <i>Shaft</i> dalam Keadaan Pengereman	89
4.7.2. Reaksi Peletakan Gaya, Beban Momen Lentur	91
4.8. ANALISIS REKOMENDASI <i>FLAT WHEEL</i> KEDALAMAN 1,5 MM	93
4.8.1. Analisis Gaya Akibat <i>Flat Wheel</i> 1,5 mm	93
4.8.2. Analisis Kekuatan <i>Shaft</i> Akibat <i>Flat Wheel</i> 1,5 mm	93
BAB V PENUTUP	95
5.1. KESIMPULAN	95
5.2. SARAN	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. <i>Flat Wheel</i> 75 x 46 mm dengan kedalaman 0.26 mm	2
Gambar 1. 2. Kedalaman <i>Flat Wheel</i> 0.26 mm	3
Gambar 2. 1. Formasi Kereta MRT Jakarta	7
Gambar 2. 2. Jenis atau Tipe Roda	10
Gambar 2. 3. <i>Wheelset Motor Bogie</i> (kiri) dan <i>Trailer Bogie</i> (kanan)	11
Gambar 2. 4. <i>Corrugated Wheel</i> MRT Jakarta	11
Gambar 2. 5. Perangkat Roda <i>Trainset</i> MRT Jakarta pada <i>Trailer & Motor Bogie</i>	13
Gambar 2. 6. Poros Berpenggerak (Atas) & Poros Tidak Berpenggerak (Bawah)	13
Gambar 2. 7. Skematik dari <i>flat wheel</i>	16
Gambar 2. 8. <i>Snake Motion</i>	17
Gambar 2. 9. Kontak antara roda dan rel	18
Gambar 2. 10. Kondisi perangkat roda pada <i>track</i> lurus	18
Gambar 2. 11. Kondisi perangkat roda pada <i>track</i> lengkung	19
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Analisis Abaqus	30
Gambar 3. 3. Pemodelan Geometri Rel	31
Gambar 3. 4. Pemodelan Geometri Roda	32
Gambar 3. 5. <i>Assembly</i> Roda dan Rel dengan <i>Software</i> Abaqus	33
Gambar 3. 6. <i>Step</i> dan <i>Increment</i> pada <i>Software</i> Abaqus	33
Gambar 3. 7. Tampilan <i>Field Output Software</i> Abaqus	34
Gambar 3. 8. Tampilan <i>Interaction Software</i> Abaqus	35
Gambar 3. 9. Tampilan <i>Boundary Condition Manager</i>	35
Gambar 3. 10. <i>Meshing</i> Roda dan Rel pada <i>Software</i> Abaqus	36
Gambar 3. 11. Tampilan <i>Monitor</i> pada <i>Running Job Software</i> Abaqus	37
Gambar 3. 12 Diagram Alir Analisis dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro</i> 2019	38
Gambar 3. 13. 3D <i>Design</i> Roda dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro</i> 2019	39
Gambar 3. 14. 3D <i>Design Shaft</i> dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro</i> 2019	39
Gambar 3. 15. 3D <i>Design</i> Rel dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro</i> 2019	40

Gambar 3. 16. Assembly Roda, Rel dan <i>Shaft</i> dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	40
Gambar 3. 17. Penentuan <i>Constrain</i> pada <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	41
Gambar 3. 18. Pemberian Gravitasi pada <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	41
Gambar 3. 19. Pemberian Torsi dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	42
Gambar 3. 20. Pemberian Beban pada Leher dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	42
Gambar 3. 21. Pemberian <i>Lateral Force</i> dengan <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	43
Gambar 3. 22. Tampilan <i>Meshing</i> pada <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	43
Gambar 3. 23. <i>Running Job</i> atau <i>Simulate</i> pada <i>Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	44
Gambar 3. 24 Peletakan Beban Lateral, Beban pada Leher <i>Shaft</i> , Serta Beban pada Punggung <i>Shaft</i>	45
Gambar 4. 1. <i>Outline Shaft Tipe (M) Trainset PT. MRT Jakarta</i>	51
Gambar 4. 2. <i>3D Modeling drawing of Shaft PT. MRT Jakarta dengan Software Autodesk Inventor Pro 2019</i>	52
Gambar 4. 3. <i>Outline Profile Roda Trainset MRT Jakarta</i>	53
Gambar 4. 4. <i>Outline Profile Rail of UIC 54</i>	53
Gambar 4. 5. Hasil Pemodelan 3D Rail dan Roda dengan <i>Autodesk Inventor Pro 2019</i>	54
Gambar 4. 6. Bentuk <i>Flat Wheel</i> Sesuai Kedalaman (Berurutan dari sebelah kiri-kanan, kedalaman 1 mm, 2 mm, dan 3 mm)	55
Gambar 4. 7. Pemodelan <i>Assembly</i> di <i>Abaqus</i>	56
Gambar 4. 8. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 30 km/h	58
Gambar 4. 9. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 40 km/h	58
Gambar 4. 10. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 60 km/h	59
Gambar 4. 11. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 65 km/h	59
Gambar 4. 12. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 80 km/h	60
Gambar 4. 13. <i>Impact Force Flat Wheel</i> pada Kecepatan 100 km/h	60
Gambar 4. 14. Diagram Benda Bebas <i>Shaft</i> untuk Perhitungan	62
Gambar 4. 15. <i>Stress Element</i> pada Bagian A	70
Gambar 4. 16. <i>Mohr's circle</i> pada Bagian A	70

Gambar 4. 17. <i>Stress Element</i> pada Bagian B	72
Gambar 4. 18. <i>Mohr's circle</i> pada Bagian B	72
Gambar 4. 19. <i>Stress Element</i> pada Bagian I	74
Gambar 4. 20. <i>Mohr's circle</i> pada Bagian I	74
Gambar 4. 21. <i>Element Stress</i> pada Bagian II	76
Gambar 4. 22. <i>Mohr Circle</i> pada Bagian II	77
Gambar 4. 23. <i>Stress Element</i> pada Bagian O	79
Gambar 4. 24. <i>Mohr's Circle</i> pada Bagian O	79
Gambar 4. 25. <i>Stress Element</i> pada Bagian G	81
Gambar 4. 26. <i>Mohr's Circle</i> pada Bagian G	81
Gambar 4. 27. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian A	83
Gambar 4. 28. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian B	84
Gambar 4. 29. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian I	84
Gambar 4. 30. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian II	85
Gambar 4. 31. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian O	85
Gambar 4. 32. Hasil Analisis Elemen Hingga pada Bagian G	86
Gambar 4. 33. Reaksi Peletakan dan Diagram Momen Lentur	92
Gambar 4. 34. Grafik Gaya Akibat <i>Flat Wheel</i> Kedalaman 1,5 mm	93

U N I V E R S I T A S
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Spesifikasi Teknis <i>Trainset</i> MRT Jakarta	8
Tabel 2. 2. Kapasitas Kereta MRT Jakarta	9
Tabel 2. 3. Spesifikasi Teknis Roda MRT Jakarta	12
Tabel 2. 4. Referensi penelitian terdahulu	23
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Pengukuran	49
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Pengujian	49
Tabel 3. 3 Data Total Penumpang dan Berat Kereta Kosong	50
Tabel 4. 1. <i>Material Specification JIS E4502 SFA640</i>	52
Tabel 4. 2. <i>Material Specification of Wheel</i>	54
Tabel 4. 3. <i>Material Specification of Rail</i>	55
Tabel 4. 4. Beban pada 1 Leher <i>Shaft</i>	57
Tabel 4. 5. Tabel Hasil Analisis pada Kedalaman 1 mm	61
Tabel 4. 6. Tabel Hasil Analisis pada Kedalaman 2 mm	61
Tabel 4. 7. Tabel Hasil Analisis pada Kedalaman 3 mm	61
Tabel 4. 8. Keterangan Simbol Huruf	63
Tabel 4. 9. Hasil Analisis Keseluruhan	87
Tabel 4. 10. Hasil Analisis Kekuatan <i>Shaft</i> Akibat <i>Flat Wheel</i> 1,5 mm	94

U N I V E R S I T A S
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Kerugian <i>Financial</i> Akibat Pembubutan <i>Flat Wheel</i> Dikarenakan ukuran yang dangkal atau 0,26 mm.	99
Lampiran 2. <i>Stress Concentration for Bar with Fillet in Bending</i>	100
Lampiran 3. <i>Stress Concentration for Bar with Fillet in Torsion</i>	100
Lampiran 4. <i>Stress Concentration for Bar with Groove in Bending</i>	101
Lampiran 5. <i>Stress Concentration for Bar with Groove in Torsion</i>	101

