



UMSURA

**Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan
Rangka Mesin Spinner Kapasitas 5kg dengan
Metode Elemen Hingga**

SKRIPSI

**Disusun Oleh:
MUHAMMAD SHAFRIJAL
NIM. 20221331005**

Dosen Pembimbing
Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng
NIDN. 07.0302.7201

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**

SKRIPSI
Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Rangka Mesin
***Spinner* Kapasitas 5kg dengan Metode Elemen Hingga**



Disusun Oleh :
Muhammad Shafrijal
NIM : 20221331005

Dosen Pembimbing
Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng
NIDN. 07.0302.7201

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026

**Stress Analysis and Safety Factor Evaluation of a 5 kg
Capacity *Spinner* Machine Frame Using the Finite Element
Method**



By:

Muhammad Shafrijal

NIM : 20221331005

Academic Supervisor

Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng

NIDN. 0703027201

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY
PROGRAM FACULTY OF ENGINEERING
MUHAMMADIYAH UNIVERSITY OF SURABAYA
2026**

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Shafrijal

NIM : 20221331005

Progam Studi : S1 Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya. Apabila di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 21 Juni 2026



Muhammad Shafrijal
NIM 20221331005

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Rangka Mesin *Spinner* Kapasitas 5kg dengan Metode Elemen Hingga

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Muhammad Shafrijal

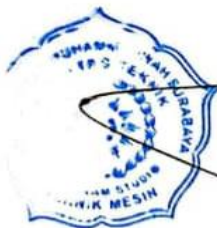
NIM. 20221331005

Menyetujui

Kaprodi Teknik Mesin

Mengetahui

Dosen Pembimbing



Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T., IPM.
NIDN.0707067402

Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng
NIDN. 0703027201

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji dalam sidang pada tanggal 21 Juni 2026 oleh mahasiswa atas nama Muhammad Shafrijal NIM 20221331005 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di terima sebagai kelengkapan mendapat gelar sarjana Teknik pada Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Dosen Penguji

TandaTangan

1. Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T., IPM

NIDN.0707067402

2. Hadi Kusnanto, S.T, M.T

NIDN.0717107701

Dosen Pembimbing

1. Ir. Ponidi, S.T, M.T, IPM, A.Eng

NIDN. 0703027201

Mengetahui

Fakultas Teknik

Menyetujui

Kaprodi Teknik Mesin



Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars.

NIDN.0725096402

Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T., IPM.

NIDN.0707067402

BERITA ACARA BIMBINNGAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Shafrijal

NIM : 20221331005

Progam Studi : S1 Teknik Mesin

Judul : Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Rangka Mesin Spinner Kapasitas 5kg dengan Metode Elemen Hingga

No	Tgl	Materi	Paraf Pembimbing		Paraf Mahasiswa
			Utama	Pendamping	
1	5/3/2022	Konsultasi Judul	☒		
2	8/3/2022	Konsultasi bab 1-3.	☒		
3	13/4/2022	Revisi bab 2-3	☒		
4	22/4/2022	Revisi bab 3	☒		
5	28/4/2022	Konsultasi bab 4	☒		
6	10/5/2022	Revisi bab 4	☒		
7	4/6/2022	Bimbingan bab 5	☒		
8	8/6/2022	Revisi bab 5	☒		
9	11/6/2022	Konsultasi bab 1-5.	☒		
10	22/6/2022	Revisi bab 1-5.	☒		
11	15/6/2022	Acc ujian skripsi	☒		
12	16/6/2022	Konsultasi PPT	☒		
13					
14					
15					
16					

Surabaya,

Pembimbing Utama Dikandatangani ketiga skripsi tuntas Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM.	Pembimbing Pendamping Dikandatangani ketiga skripsi tuntas Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng
---	---

Mengetahui
Kapropdi Teknik Mesin

Menyetujui
Dosen Pembimbing

Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM.
NIDN.0707067402

Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng
NIDN. 0703027201

Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Rangka Mesin *Spinner* Kapasitas 5kg dengan Metode Elemen Hingga

Nama : Muhammad Shafrijal
NIM : 20221331005
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng

ABSTRAK

Rangka mesin *spinner* sangat penting untuk keselamatan operator UMKM. Studi ini menganalisis tegangan *Von Mises*, faktor keamanan (FK), dan deformasi rangka baja ASTM A36 (*Hollow* 30×30×1,2 mm) menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM) dengan *SolidWorks Simulation* 2024. Metode yang digunakan adalah perhitungan empiris dan simulasi FEM (*Very Fine Mesh*, 391 elemen). Beban sebesar 490,5 N (50 kg) diterapkan secara vertikal ke bawah, dengan tumpuan jepit pada keempat kaki. Hasil empiris menunjukkan tegangan 27,79 MPa, faktor keamanan 8,99, dan deformasi 0,234 mm. Hasil FEM menunjukkan tegangan 31,58 MPa, faktor keamanan minimum 7,9, dan deformasi 0,428 mm. Semua hasil berada di bawah tegangan luluh 250 MPa dan di atas faktor keamanan minimum ($\geq 2,0$). Perbedaan antara validasi empiris dan FEM adalah 13,63% untuk tegangan dan 12,12% untuk faktor keamanan. Perbedaan deformasi sebesar 82,9% disebabkan oleh model empiris yang hanya menggunakan satu batang, sedangkan FEM 3D yang representatif. Rangka mesin *spinner* berkapasitas 5 kg ini dinyatakan aman secara struktural dan layak diaplikasikan untuk mendukung kegiatan produksi UMKM.

Kata kunci : rangka mesin *spinner*, tegangan *Von Mises*, faktor keamanan, Metode Elemen Hingga, ASTM A36, Simulasi *SolidWorks*

Stress Analysis and Safety Factor of a 5-kg Capacity Spinner Frame Using the Finite Element Method

Name : Muhammad Shafrijal
Student ID : 20221331005
Department : *Bachelor of Mechanical Engineering*
Academic Advisor : Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng

ABSTRACT

The frame of a spinner machine is crucial for the safety of MSME operators. This study analyzes the von Mises stress, safety factor (SF), and deformation of an ASTM A36 steel frame (hollow 30×30×1.2 mm) using the Finite Element Method (FEM) with SolidWorks Simulation 2024. The methods used were empirical calculations and FEM simulation (Very Fine Mesh, 391 elements). A load of 490.5 N (50 kg) was applied vertically downward, with fixed supports at all four legs. The empirical results show a stress of 27.79 MPa, a safety factor of 8.99, and a deformation of 0.234 mm. The FEM results show a stress of 31.58 MPa, a minimum safety factor of 7.9, and a deformation of 0.428 mm. All results are below the yield stress of 250 MPa and above the minimum safety factor (≥ 2.0). The differences between the empirical validation and the FEM results were 13.63% for stress and 12.12% for the safety factor. The 82.9% difference in deformation was due to the empirical model using only a single beam, whereas the FEM used a representative 3D model. This 5-kg-capacity spinner machine frame was determined to be structurally safe and suitable for supporting MSME production activities.

Keywords: *spinner machine frame, von Mises stress, safety factor, Finite Element Method, ASTM A36, SolidWorks simulation*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah atas segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun Skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya tahun 2025 dengan judul **“Analisis Tegangan dan Faktor Keamanan Rangka Mesin *Spinner* Kapasitas 5kg dengan Metode Elemen Hingga”**

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis menyadari bahwa Skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Mundakir, S.Kep., Ns. M.Kep., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Bapak Dr. M. Arif Batutah, S.T, M.T., IPM. selaku ketua Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya.
4. Bapak Ir. Ponidi, ST, MT, IPM, A.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan penelitian skripsi.
5. Seluruh dosen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu danawasannya kepada mahasiswa yang diajar.
6. Kedua orang tua saya serta keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan serta mendoakan saya dalam pembuatan Skripsi.

7. Rekan- rekan dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam penulisan skripsi ini.

Semoga dengan bantuan dan pertolongan yang telah diberikan kepada penulis dapat berguna sebagaimana mestinya dan semoga Allah SWT memberikan pahala atas amalnya. Amin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	Error!
Bookmark not defined.	
LEMBAR PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	v
BERITA ACARA BIMBINNGAN TUGAS AKHIR.....	Error!
Bookmark not defined.	
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Metode Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Material Rangka ASTM A36	9
2.3 Analisis Pembebanan Statis : Konsep Tegangan, Regangan dan Deformasi.....	11

2.3.1 Tegangan (<i>Stress</i>)	11
2.3.2 Tegangan Lentur	13
2.3.3 Regangan	14
2.3.4 Hubungan Tegangan dan Regangan	15
2.3.5 Deformasi	16
2.4 Teori Kegagalan Material: Kriteria Tegangan <i>Von Mises</i> untuk Material <i>Ductile</i>	18
2.5 Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	19
2.6 Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Method</i>).....	21
2.7 <i>Mesh Sensitivity Analysis</i>	22
2.8 <i>SolidWorks</i> CAD.....	22
2.9 Perhitungan Empiris	23
2.10 <i>SolidWorks Simulation Software</i>	25
2.10.1 Tahapan Analisis pada <i>SolidWorks Simulation</i>	25
2.10.2 Pembacaan Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i> pada <i>SolidWorks Simulation</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu	33
3.1.1 Tempat	33
3.1.2 Waktu	33
3.2 Peralatan dan Bahan	34
3.2.1 Spesifikasi Laptop.....	35
3.2.2 Perangkat Lunak.....	35
3.3 Variabel yang diamati	36

3.3.1 Variabel Tetap	36
3.3.2 Variabel Bebas	36
3.3.3 Variabel terikat.....	37
3.4 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	37
3.5 Tahap penelitian	39
3.5.1 Perhitungan Empiris.....	39
3.5.2 Pemodelan Geometri CAD.....	41
3.5.3 Simulasi Finite Element Analysis (FEA)	41
3.5.4 Validasi dan Interpretasi Hasil.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Perhitungan Empiris	43
4.1.1 Identifikasi Data dan Pembebanan	43
4.1.2 Penentuan Profil dan perhitungan properti penampang	46
4.1.3 Analisis Pembebanan dan Reaksi Tumpuan.....	51
4.1.4 Perhitungan Tegangan pada Elemen Kritis.....	52
4.1.5 Perhitungan Tegangan <i>Von Mises</i> (σ_{VM}) Empiris ..	54
4.1.6 Perhitungan Faktor Keamanan Empiris (FKempiris)	55
4.1.7 Perhitungan Deformasi Maksimum (δ_{max}) Empiris	56
4.1.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Empiris.....	57
4.2 Hasil Analisis Sensitivitas <i>Mesh</i> (<i>Mesh Convergence</i> <i>Study</i>).....	59
4.3 Hasil Simulasi FEA <i>SolidWorks Simulation</i> 2024	65
4.3.1 Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i>	65

4.3.2 Distribusi Deformasi Total	66
4.3.3 Distribusi Faktor Keamanan	67
4.4 Validasi Hasil Empiris dengan Simulasi FEM	69
4.4.1 Perhitungan Persentase <i>Error</i>	70
4.4.2 Analisis dan Diskusi Hasil Validasi	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Defleksi pada batang	8
Gambar 2. 2 Hasil komparasi	9
Gambar 2. 3 Regangan Normal.....	14
Gambar 2. 4 Hubungan Tegangan-Regangan.....	16
Gambar 2. 5 CAD Rangka <i>Spinner</i>	26
Gambar 2. 6 Material Property ASTM A36	27
Gambar 2. 7 <i>Fixed Geometry</i> rangka <i>spinner</i>	28
Gambar 2. 8 Pembebanan rangka <i>spinner</i>	28
Gambar 2. 9 <i>Meshing</i> Rangka <i>Spinner</i>	29
Gambar 2. 10 Tools Run Simulasi FEA	30
Gambar 3. 11 Diagram alir (<i>Flowchart</i>).....	38
Gambar 4. 1 <i>Free Body Diagram</i>	52
Gambar 4. 2 <i>Coarse Mesh</i>	60
Gambar 4. 3 <i>Medium Mesh</i>	61
Gambar 4. 4 <i>Fine Mesh</i>	62
Gambar 4. 5 <i>Very Fine Mesh</i>	63
Gambar 4. 6 Grafik Konvergensi <i>Mesh</i>	65
Gambar 4. 7 Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i> Maksimum	66
Gambar 4. 8 Distribusi Deformasi Total Maksimum	67
Gambar 4. 9 Distribusi Faktor Keamanan.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Properti Mekanik Baja ASTM A36.....	10
Tabel 2. 2 Nilai Safety Factor yang di rekomendasikan	21
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Laptop.....	35
Tabel 4. 1 Evaluasi Alternatif Profil <i>Hollow</i>	51
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Empiris	57
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Konvergensi <i>Mesh</i>	64
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Simulasi FEM <i>SolidWorks Simulation 2024</i>	69
Tabel 4. 5 Validasi Hasil Empiris dengan Simulasi FEM.....	71