



**ANALISIS PENGARUH DIAMETER DAN KETEBALAN PIPA PADA
STRUKTUR RANGKA *ROLLCAGE* MOBIL RALLY MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DAN DESIGN OF EXPERIMENT
SKRIPSI**

**EARLNEO JOAS GERALD PASARIBU
2210311042**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2026**



**ANALISIS PENGARUH DIAMETER DAN KETEBALAN PIPA PADA
STRUKTUR RANGKA *ROLLCAGE* MOBIL RALLY MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DAN DESIGN OF EXPERIMENT
SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**EARLNEO JOAS GERALD PASARIBU
2210311042**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Earlneo Joas Gerald Pasaribu
NIM : 2210311042
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Ketebalan dan Diameter Pipa Struktur Rangka Rollcage Pada Mobil Rally Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Design of Experiment

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D

Penguji Utama



Nicky Yongkimandalan,

S.T., M.M., M.T

Penguji Lembaga



Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,

S.T., M.T., IPM.

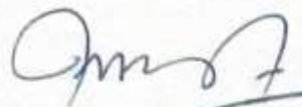
Dekan Fakultas Teknik



M. Arifudin Lukmana,

S.T., M.T

Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1

Teknik Mesin

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 22 Juni 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH KETEBALAN DAN DIAETER PIPA
STRUKTUR RANGKA ROLLCAGE PADA MOBIL RALLY
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN
DESIGN OF EXPERIMENT**

Earlneo Joas Gerald Pasaribu

NIM. 2210311042

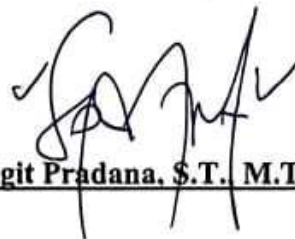
Disetujui oleh,

Pembimbing I



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T

Pembimbing II



Sigit Pradana, S.T., M.T

Mengetahui,

**Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional Jakarta**



Ir. Fahrudin, S.T., M.T

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Earlneo Joas Gerald Pasaribu

NIM : 2210311042

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku

Jakarta, 22 Juni 2026

Yang menyatakan,



Earlneo Joas Gerald Pasaribu

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Earlneo Joas Gerald Pasaribu

NIM : 2210311042

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“ANALISIS PENGARUH KETEBALAN DAN DIAETER PIPA
STRUKTUR RANGKA ROLLCAGE PADA MOBIL RALLY
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN DESIGN
OF EXPERIMENT”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Juni 2026

Yang menyatakan,


Earlneo Joas Gerald Pasaribu

ANALISIS PENGARUH DIAMETER DAN KETEBALAN PIPA PADA STRUKTUR RANGKA *ROLLCAGE* MOBIL RALLY MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN DESIGN OF EXPERIMENT

Earlneo Joas Gerald Pasaribu

ABSTRAK

Rollcage merupakan komponen struktur keselamatan berupa rangka pipa baja yang berfungsi melindungi pengemudi dan co-driver mobil rally dari cedera fatal akibat kecelakaan seperti rollover atau benturan keras. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi diameter dan ketebalan pipa terhadap kekuatan struktur rollcage mobil rally menggunakan kombinasi metode Finite Element Method (FEM) dan Design of Experiment (DOE) dengan pendekatan Taguchi. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench dengan material AISI 1080, dengan dua parameter yaitu diameter (45, 50, dan 55 mm) dan ketebalan pipa (2,5, 2,75, dan 3 mm), sehingga menghasilkan sembilan kombinasi desain. Parameter respons yang dianalisis meliputi Total Deformation dan Equivalent Von Mises Stress akibat pembebanan sebesar 9000 N pada bagian main hoop. Hasil simulasi desain awal (diameter 50 mm, ketebalan 2 mm) menunjukkan deformasi maksimum sebesar 1,1235 mm dan tegangan Von Mises maksimum sebesar 80,567 MPa, yang masih berada di bawah yield strength material sehingga desain dinyatakan aman. Hasil analisis Taguchi menunjukkan bahwa peningkatan diameter dan ketebalan pipa cenderung menurunkan nilai deformasi dan meningkatkan kekakuan struktur. Berdasarkan analisis gabungan Response Table dan Main Effect Plot terhadap kedua respons, kombinasi parameter optimum diperoleh pada diameter 50 mm dan ketebalan 3 mm, yang memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan dan kekakuan struktur terhadap pembebanan rollover.

Kata kunci: Rollcage, Finite Element Method, Design of Experiment, metode Taguchi, ANSYS

**ANALYSIS OF THE EFFECTS OF PIPE DIAMETER AND WALL THICKNESS
ON THE ROLL CAGE STRUCTURE OF A RALLY CAR USING THE FINITE
ELEMENT METHOD AND DESIGN OF EXPERIMENTS (DOE)**

Earlneo Joas Gerald Pasaribu

ABSTRACT

A rollcage is a safety structure made of steel tubing designed to protect the driver and co-driver of a rally car from fatal injury during accidents such as rollovers or high-impact collisions. This study aims to analyze the effect of pipe diameter and thickness variations on the structural strength of a rally car rollcage using a combined Finite Element Method (FEM) and Design of Experiment (DOE) approach based on the Taguchi method. Simulations were performed in ANSYS Workbench using AISI 1080 material, with two parameters, diameter (45, 50, and 55 mm) and pipe thickness (2.5, 2.75, and 3 mm), resulting in nine design combinations. The response parameters analyzed were Total Deformation and Equivalent Von Mises Stress under a 9000 N load applied to the main hoop. The initial design simulation (50 mm diameter, 2 mm thickness) produced a maximum deformation of 1.1235 mm and a maximum Von Mises stress of 80.567 MPa, both below the material's yield strength, indicating the initial design meets the safety criteria. The Taguchi analysis showed that increasing pipe diameter and thickness tends to reduce deformation and improve structural stiffness. Based on the combined Response Table and Main Effect Plot analysis of both responses, the optimum parameter combination was found at a 50 mm diameter and 3 mm thickness, providing the best balance between structural strength and stiffness under rollover loading.

Keywords: *Rollcage, Finite Element Method, Design of Experiment, Taguchi method, ANSYS*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "ANALISIS PENGARUH DIAMETER DAN KETEBALAN PIPA PADA STRUKTUR RANGKA *ROLLCAGE* MOBIL RALLY MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DAN DESIGN OF EXPERIMENT"

ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak wawasan dan pengalaman yang sangat berharga. Pengalaman ini tentu memberikan kontribusi besar dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan penulis di bidang teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kesempatan, keberkahan, ilmu, kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menjalankan praktek kerja lapangan sekaligus menyelesaikan laporan dengan lancar.
2. Orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
3. Bapak Arifudin Lukmana dan Bapak Sigit Pradana selaku pembimbing saya selama saya mengerjakan laporan skripsi ini..
4. Keluarga besar Teknik mesin terkhusus saudara-saudara OPTIMIS 2022 yang selalu membantu saya, memberikan dukungan moral serta motivasi selama proses penyusunan laporan ini.
5. Serta pihak-pihak lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu

Akhir kata saya ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam menyusun laporan ini, saya mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Depok, Juli 2026

Penulis

viii

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 <i>Rollcage</i>	6
2.3 Regulasi FIA.....	7
2.3 Material <i>Rollcage</i>	9
2.4 Tegangan Von Misses	9
2.4 Deformasi	11
2.5 Metode Elemen Hingga.....	11
2.6 Panduan Meshing	12
2.7 Design of Experiment	12
2.8 Metode Taguchi.....	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Diagram Ali	15

3.2 Identifikasi Masalah	16
3.3 Studi Literatur	16
3.4 Pemodelan Awal.....	16
3.5 Simulasi Design Awal	18
3.6 Hasil Simulasi	20
3.7 Penentuan Parameter <i>DoE</i>	21
3.8 Simulasi Parameter	22
3.9 Menentukan Parameter dan Kondisi Terbaik	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Konvergensi Mesh	23
4.2 Total Deformation	25
4.3 Von Mises	28
4.4 Analisis hasil FEM	32
4.5 Analisis Metode Taguchi	34
4.5.1 Analisis Taguchi Berdasarkan Respon Von Mises.....	35
4.5.2 Analisis Taguchi Berdasarkan Respon Deformasi	37
4.13.3 Penentuan Kombinasi Parameter Terbaik.....	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Konvergensi Mesh.....	23
Tabel 4. 2 Nilai Total Deformation	26
Tabel 4. 3 Nilai Equivalent Stress (Von Mises)	30
Tabel 4. 4 Hasil Simulasi FEM	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rollcage	7
Gambar 2. 2 Mechanical Properties AISI 1080	9
Gambar 2. 3 Contoh Nodal	12
Gambar 3. 1 Design awal Rollcage	18
Gambar 3. 2 Gambar Teknik Rollcage	18
Gambar 3. 3 Free Body Diagram.....	19
Gambar 3. 4 Free Body Diagram tumpuan A-B	19
Gambar 3. 5 Free Body Diagram tumpuan B-C	20
Gambar 4. 1 Grafik Konvergensi Mesh 50x2	24
Gambar 4. 2 Grafik Konvergensi Mesh 55 x 3.....	24
Gambar 4. 3 Distribusi Total Deformation pada Seluruh Variasi Diameter dan Ketebalan Pipa Rollcage.....	26
Gambar 4. 4 Distribusi Equivalent Stress (Von Mises) pada Seluruh Variasi Diameter dan Ketebalan Pipa Rollcag	30
Gambar 4. 5 Response Table S/N for Von Mises	35
Gambar 4. 6 Main effect S/N for Von Mises.....	35
Gambar 4. 7 Respon Tables Means for Von Mises	36
Gambar 4. 8 Main Effect Plot Means for Von Mises	36
Gambar 4. 9 Response Table S/N for Deformation.....	37
Gambar 4. 10 Main Effect plot S/N for Deformation.....	37
Gambar 4. 11 Response table means for Deformation	38
Gambar 4. 12 Main Effect Plot for Deformation.....	38
Gambar 4. 13 Response Table S/N combination.....	39
Gambar 4. 14 Main Effect S/N Combination	39