



**ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY*  
*GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

**ALIYAH ANTARESTA MAHARDIKA**

**2110311062**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**2025**



**ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY*  
*GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik**

**ALIYAH ANTARESTA MAHARDIKA**

**2110311062**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**2025**

## HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

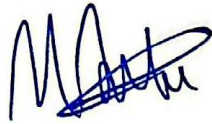
Nama : Aliyah Antaresta Mahardika  
NIM : 2110311062  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V*  
MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim 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



**Dr. Eng. Riki Hendra Purba**

Penguji Utama



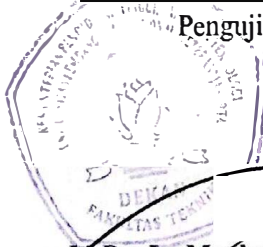
**M. Arifudin Lukmana, S.T., MT.**

Penguji Lembaga



**Sigit Pradana, S.T., MT.**

Penguji III (Pembimbing)



**M. Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri**  
**S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.**

Dekan Fakultas Teknik



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

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 18 Juli 2025

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

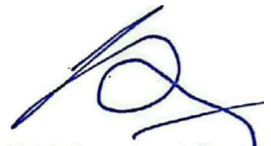
Skripsi diajukan oleh:

Nama : Aliyah Antaresta Mahardika  
NIM : 2110311062  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V*  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,

  
(Sigit Pradana, S.T., M.T.)  
Pembimbing 1

  
(Budhi Martana S.T., M.M.)  
Pembimbing 2

Mengetahui,

  
Ir. Fahrudin S.T., M.T.  
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Aliyah Antaresta Mahardika

NIM : 2110311062

Program Studi : S1 Teknik Mesin

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

Jakarta, Juli 2025

Yang menyatakan

A yellow rectangular stamp with the text "10000" on the left, the Garuda Pancasila emblem in the center, and "METER TEMPEL" below it. At the bottom, the serial number "D47AMX454514862" is printed. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Aliyah Antaresta Mahardika

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK  
KEPENTINGA AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta saya yang bertanda tangan di bawah ini: benar.

Nama : Aliyah Antaresta Mahardika

NIM : 2110311062

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta hak bebas royalti non eksklusif (*non exclusive royalty free right*) atas skripsi saya yang berjudul:

**“ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY GUIDE*  
BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V* MENGGUNAKAN METODE  
ELEMEN HINGGA”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/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, Juli 2025

Yang menyatakan



Aliyah Antaresta Mahardika

# **ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Aliyah Antaresta Mahardika**

## **ABSTRAK**

Proses *rolling* baja sangat bergantung pada *roller entry guide* untuk mengarahkan billet ke roll berkecepatan tinggi. Data di industri baja menunjukkan kerusakan seperti retak permukaan dan keausan pada roller, terutama akibat variasi dimensi billet dan beban tumbukan berulang. Penelitian ini menganalisis kegagalan mekanis *roller entry guide* menggunakan simulasi Metode Elemen Hingga dengan pendekatan *Explicit Dynamics* pada ANSYS. Dengan geometri aktual dan material *Tool Steel Cr-Mo-V*, simulasi mengevaluasi tegangan *Von Mises*, deformasi, tekanan kontak, dan umur kelelahan. Tegangan maksimum pada billet 12,5 mm mencapai 1.135,4 MPa, mendekati batas luluh material, menunjukkan area rawan retak. Analisis *fatigue* menunjukkan roller bekerja dalam kondisi *high cycle fatigue*, di mana roller kiri mengalami tegangan lebih tinggi dan umur lebih pendek. Hasil penelitian menegaskan bahwa variasi dimensi billet dan beban dinamis sangat memengaruhi integritas roller, serta pentingnya strategi perawatan prediktif dan pemilihan material yang tahan fatigue.

***Kata kunci: Roller Entry Guide; Tool Steel Cr-Mo-V; Explicit Dynamics; Fatigue***

# **MECHANICAL FAILURE ANALYSIS OF ROLLER ENTRY GUIDE MADE OF TOOL STEEL Cr-Mo-V USING FINITE ELEMENT METHOD**

***Aliyah Antaresta Mahardika***

## **ABSTRACT**

*The steel rolling process relies heavily on roller entry guides to guide billets onto high-speed rolls. Data from the steel industry indicates damage such as surface cracking and wear on rollers, primarily due to billet dimensional variations and repeated impact loads. This study analyzes the mechanical failure of roller entry guides using Finite Element Method simulations with an Explicit Dynamics approach in ANSYS. With actual geometry and Tool Steel Cr-Mo-V material, the simulation evaluates Von Mises stress, deformation, contact pressure, and fatigue life. The maximum stress on a 12.5 mm billet reaches 1,135.4 MPa, approaching the yield limit of the material, indicating a crack-prone area. Fatigue analysis shows the rollers operating under high-cycle fatigue conditions, where the bottom roller experiences higher stresses and shorter life. The results confirm that billet dimensional variations and dynamic loads significantly affect roller integrity, as well as the importance of predictive maintenance strategies and fatigue-resistant material selection.*

***Keywords: Roller Entry Guide; Tool Steel Cr-Mo-V; Explicit Dynamics; Fatigue***



## KATA PENGANTAR

Dengan Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “ANALISIS KEGAGALAN MEKANIS *ROLLER ENTRY GUIDE* BERBAHAN *TOOL STEEL Cr-Mo-V* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA” sebagai syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terwujud tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, di kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya yang tiada terhingga. Berkat kasih sayang dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik, meskipun di tengah berbagai tantangan dan keterbatasan.
2. Bapak Pargono dan Alm. Ibu Kursiah, yang selalu bekerja keras, mendoakan, dan mendukung penuh penulis selama perkuliahan sampai saat ini.
3. Aliyah Antaresta Mahardika, Terima kasih karena tidak menyerah. Terima kasih karena terus mencoba, walaupun terkadang merasa tidak mampu. Terima kasih telah memberi ruang untuk berproses, untuk gagal, dan untuk bangkit kembali. Skripsi ini bukan hanya hasil akademik, tetapi juga bukti bahwa saya mampu melewati ujian mental dan emosional yang tidak mudah.
4. Bapak Sofyan Wibisono S.T., Bapak Prasetyo Hadi S.T., dan segenap karyawan dari PT. X yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data penelitian dan memberikan saran dan masukannya sehingga proses penelitian berjalan dengan baik.
5. Bapak Sigit Pradana, ST, MT. dan Bapak Budhi Martana, ST, MM. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia membantu, meluangkan

waktu dan membimbing sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik.

6. Bapak Fahrudin, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
7. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan dalam bidang *engineering*, sebagai bekal masa depan penulis serta karyawan Fakultas Teknik yang membantu perizinan serta administrasi.
8. Kakak-kakak dan adik sepupu yang telah memberikan saran, motivasi, dan dukungan penuh.
9. Rhea, Ayu, Adinda, Diyan, Nasywa, Aathifah, Manda, Indri. Sahabat seperjuangan yang telah memberikan semangat, dukungan, menemani perjalanan, dan memotivasi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Khalid Salahuddin Sayf, Yang menjadi *Mood Booster* dan terima kasih sudah lahir ke dunia.
11. Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2021 (OPTIMIS'21).
12. Semua pihak lain yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, terima kasih sebesar – besarnya saya sampaikan atas kesempatan ini. Penyusunan proposal penelitian ini diiringi oleh kesadaran akan adanya kekurangan yang mungkin masih terdapat didalamnya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun kepada penulis sangat diharapkan yang akan menjadi landasan bagi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

Jakarta, Juli 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                      |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                                                           | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....</b>                                              | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>                                            | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>                                                  | <b>iv</b>   |
| <b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK<br/>KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                 | <b>vi</b>   |
| <b><i>ABSTRACT</i> .....</b>                                                         | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                           | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                               | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                            | <b>xii</b>  |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>                                                        | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                             | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                            | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                                             | 2           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                                           | 2           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                                          | 3           |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....                                                       | 3           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                                   | <b>5</b>    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....                                                       | 5           |
| 2.2 <i>Roller Entry Guide</i> dalam <i>Sistem Rolling</i> .....                      | 6           |
| 2.3 Pengaruh Dimensi Billet terhadap Proses <i>Rolling</i> .....                     | 7           |
| 2.4 Simulasi Elemen Hingga ( <i>Finite Element Method</i> ) .....                    | 8           |
| 2.4.1 Pengertian Metode Elemen Hingga .....                                          | 8           |
| 2.4.2 Elemen .....                                                                   | 9           |
| 2.4.3 <i>Meshing</i> .....                                                           | 11          |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.4 Tegangan dan Regangan ( <i>Stress-Strain</i> ) ..... | 15        |
| 2.4.5 Teori <i>Von Mises</i> .....                         | 16        |
| 2.4.6 Teori <i>Johnson-cook</i> Model .....                | 17        |
| 2.4.7 Hukum Kontak <i>Hertzian</i> .....                   | 18        |
| 2.5 <i>Fatigue</i> .....                                   | 19        |
| <b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>                       | <b>21</b> |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian.....                           | 21        |
| 3.2 Objek Penelitian .....                                 | 21        |
| 3.3 Metode Penelitian.....                                 | 22        |
| 3.4 <i>Material Properties</i> .....                       | 28        |
| 3.5 Desain Objek Penelitian .....                          | 32        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                    | <b>34</b> |
| 4.1 Konvergensi <i>Mesh</i> .....                          | 34        |
| 4.2 Hasil Simulasi <i>Explicit Dynamic</i> .....           | 37        |
| 4.2.1 Simulasi dengan Billet 12,5 mm.....                  | 37        |
| 4.2.2 Simulasi Tambahan dengan Billet 6 mm dan 16 mm ..... | 42        |
| 4.3 Pembahasan .....                                       | 44        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                     | <b>50</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                        | 50        |
| 5.2 Saran.....                                             | 50        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                      |           |
| <b>RIWAYAT HIDUP</b>                                       |           |
| <b>LAMPIRAN</b>                                            |           |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> <i>Entry Roller Box</i> .....                                                           | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> <i>Billet</i> .....                                                                     | 8  |
| <b>Gambar 2.3</b> Jenis Elemen .....                                                                      | 10 |
| <b>Gambar 2.4</b> Skala Warna <i>Skewness Mesh Matrics Spectrum</i> .....                                 | 13 |
| <b>Gambar 2.5</b> Skala Warna <i>Element Mesh Matrics Spectrum</i> .....                                  | 14 |
| <b>Gambar 2.6</b> Skala Warna <i>Orthogonal Quality Mesh Matrics Spectrum</i> .....                       | 14 |
| <b>Gambar 2.7</b> Skala Warna <i>Aspect Ratio Mesh Matrics Spectrum</i> .....                             | 15 |
| <b>Gambar 2.8</b> Skala Warna <i>Paralel deviation Mesh Matrics Spectrum</i> .....                        | 15 |
| <b>Gambar 2.9</b> Grafik 3 fase kegagalan <i>fatigue</i> .....                                            | 19 |
| <b>Gambar 2.10</b> Contoh Kurva S-N .....                                                                 | 20 |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....                                                            | 21 |
| <b>Gambar 3.2</b> Contoh Kerusakan pada <i>Roller</i> .....                                               | 23 |
| <b>Gambar 3.3</b> <i>Meshing</i> Pada Model Geometri .....                                                | 24 |
| <b>Gambar 3.4</b> Model <i>Outline</i> Simulasi <i>Explicit Dynamic</i> pada ANSYS .....                  | 25 |
| <b>Gambar 3.5</b> <i>Frictional Contact</i> .....                                                         | 26 |
| <b>Gambar 3.6</b> Diagram Batang <i>Skewness Mesh Quality</i> .....                                       | 26 |
| <b>Gambar 3.7</b> Struktur Model <i>Outline Inititional Condition</i> dan <i>Boundary Condition</i> ..... | 28 |
| <b>Gambar 3.8</b> Struktur Model Input <i>Material Properties</i> .....                                   | 30 |
| <b>Gambar 3.9</b> Kurva S-N <i>Tool Steel Cr-Mo-V</i> .....                                               | 32 |
| <b>Gambar 3.11</b> <i>3D Solidwork</i> Billet dan Roller .....                                            | 32 |
| <b>Gambar 3.12</b> Gambar Teknik Roller .....                                                             | 33 |
| <b>Gambar 3.13</b> <i>Free Body Diagram Roller Entry Guide</i> .....                                      | 33 |
| <b>Gambar 4.1</b> Kurva Konvergensi Mesh Element Size vs Maximum von - Mises Stress .....                 | 36 |
| <b>Gambar 4.2</b> Hasil Simulasi Tegangan <i>Von Mises</i> 12,5 mm .....                                  | 37 |
| <b>Gambar 4.3</b> Hasil Simulasi Deformasi 12,5 mm.....                                                   | 38 |
| <b>Gambar 4.4</b> Hasil Simulasi <i>Shear Stress</i> .....                                                | 39 |
| <b>Gambar 4.5</b> Hasil Simulasi <i>Contact Pressure</i> .....                                            | 40 |
| <b>Gambar 4.6</b> Kurva <i>Time History</i> Tegangan <i>Von-Mises</i> .....                               | 41 |
| <b>Gambar 4.7</b> Kurva <i>Time History</i> Deformasi Total .....                                         | 41 |
| <b>Gambar 4.8</b> Tegangan <i>Von Mises</i> Billet 16 mm.....                                             | 42 |
| <b>Gambar 4.9</b> Tegangan <i>Von Mises</i> Billet 6 mm.....                                              | 42 |
| <b>Gambar 4.10</b> Deformasi pada Roller dengan Billet 16 mm .....                                        | 43 |
| <b>Gambar 4.11</b> Deformasi pada Roller dengan Billet 6 mm .....                                         | 43 |
| <b>Gambar 4.12</b> Grafik Perbandingan Tegangan Von Mises Terhadap Variasi Dimensi Billet .....           | 47 |
| <b>Gambar 4.13</b> Grafik Perbandingan Deformasi Terhadap Variasi Dimensi Billet .....                    | 47 |
| <b>Gambar 4.14</b> Grafik Perbandingan Umur Fatigue Terhadap Variasi Dimensi Billet .....                 | 48 |
| <b>Gambar 4.15</b> Kurva S-N Dari Variasi Dimensi Billet.....                                             | 48 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 3.1</b> <i>Analysis Setting Time Step Simulasi Explicit Dynamic</i> ..... | 27 |
| <b>Tabel 3.2</b> <i>Komposisi Kimia Material Tool Steel Cr-Mo-V</i> .....          | 29 |
| <b>Tabel 3.3</b> <i>Material Properties Alloy Steel Fe-5Cr-Mo-V</i> .....          | 30 |
| <b>Tabel 3.4</b> <i>Material Properties Billet</i> .....                           | 31 |
| <b>Tabel 3.5</b> <i>Data Tegangan dan fatigue life</i> .....                       | 31 |
| <b>Tabel 4.1</b> <i>Ukuran Meshing</i> .....                                       | 34 |
| <b>Tabel 4.2</b> <i>Hasil Konvergensi Mesh</i> .....                               | 35 |