



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# **Analisis Kekuatan Rangka *Mini Excavator Electric* Menggunakan Aplikasi *Solidworks***

SKRIPSI

Oleh:

**Mohammad Haikal Bintang Pratama**

**NIM. 2202441019**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI**

**REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



# **Analisis Kekuatan Rangka *Mini Excavator Electric* Menggunakan Aplikasi *Solidworks***

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat,

Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

**Mohammad Haikal Bintang Pratama**

**NIM. 2202441019**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI  
REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2026**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**LAPORAN SKRIPSI**

**Analisis Kekuatan Rangka *Mini Excavator Electric***  
**Menggunakan Aplikasi *Solidworks***

Oleh:

Mohammad Haikal Bintang Pratama

NIM 2202441019

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.  
NIP. 197602252000121002

Pembimbing 2

Ahmad Bustomi, S.T., M.Tr.T.  
NIP. 199107252024061001

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T.  
NIP. 199105012024061003



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN SKRIPSI**

**Analisis Kekuatan Rangka *Mini Excavator Electric*  
Menggunakan Aplikasi *Solidworks***

Oleh:

Mohammad Haikal Bintang Pratama

NIM 2202441019

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alar Berat

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan penguji pada tanggal 13 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin

**DEWAN PENGUJI**

| No. | Nama                                     | Posisi Penguji | Tanda Tangan | Tanggal                |
|-----|------------------------------------------|----------------|--------------|------------------------|
| 1   | Dr. Gun Gun Ramdhan<br>Gunadi S.T., M.T. | Penguji 1      |              | Senin, 13<br>Juli 2026 |
| 2   | Dr. Ahmad Maksum,<br>S.T., M.T.          | Penguji 2      |              |                        |
| 3   | Ahmad Bustomi, S.T.,<br>M.Tr.T.          | Moderator      |              |                        |

Depok, 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Haikal Bintang Pratama

NIM 2202441019

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat dalam Laporan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 13 Juli 2026



Mohammad Haikal Bintang Pratama  
NIM 2202441019



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# Analisis kekuatan rangka *Mini Ecavator Electric* Menggunakan Aplikasi Solidworks

Mohammad Haikal Bintang Pratama<sup>1\*</sup>, Dr. Fuad Zainuri<sup>1</sup>, Ahmad Bustomi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

\*Corresponding author E-mail address: [fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id](mailto:fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id)

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi alat berat mengarah pada penggunaan sistem penggerak elektrik sebagai upaya pengurangan gas buang dan meningkatkan efisiensi energi. Salah satu komponen yang berperan penting pada *mini excavator* elektrik adalah rangka (*frame*), karena berfungsi sebagai penopang seluruh komponenserta menerima beban selama proses operasi. Oleh karena itu, diperlukan analisis kekuatan rangka untuk memastikan struktur mampu bekerja secara aman sesuai dengan beban yang diterima. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan rangka *mini excavator* elektrik menggunakan metode **Finite Element Analysis (FEA)** dengan bantuan *software Solidworks Simulation*. Material yang digunakan pada rangka adalah besi Baja ST 37 dengan pembebanan statis sebesar 2.000 kg yang didistribusikan pada area dudukan komponen. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Factor of Safety* (FOS). Hasil simulasi menunjukan bahwa nilai tegangan maksimum yang terjadi masih berada di bawah batas tegangan luluh material, sedangkan nilai perpindahan maksimum yang masih dalam batas yang dapat diterima. Nilai *Factor of Safety* yang diperoleh harus berada di kisaran 2,5 – 3, sehingga menunjukan bahwa desain rangka berada pada kondisi aman terhadap pembebanan yang diberikan. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rancangan rangka *mini excavator* elektrik memiliki kekuatan struktural yang memadai dan layak digunakan sebagai dasar pengembangan desain selanjutnya.

**Kata kunci :** *mini excavator* elektrik, rangka, *Finite Element Analysis*, *Solidworks Simulation*, *Von Mises Stress*, *Factor of Safety*.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# Analisis kekuatan rangka *Mini Ecavator Electric* Menggunakan Aplikasi Solidworks

Mohammad Haikal Bintang Pratama<sup>1\*</sup>, Dr. Fuad Zainuri<sup>1</sup>, Ahmad Bustomi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

\*Corresponding author E-mail address: [fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id](mailto:fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id)

## ABSTRACT

*The development of heavy equipment technology is leading to the use of electric drive systems as an effort to reduce exhaust gases and increase energy efficiency. One of the components that plays an important role in electric mini excavators is the frame, because it functions as a support for all components and receives loads during the operation process. Therefore, a frame strength analysis is needed to ensure the structure is able to work safely according to the loads received. This study aims to analyze the strength of the electric mini excavator frame using the Finite Element Analysis (FEA) method with the help of Solidworks Simulation software. The material used in the frame is ST 37 steel with a static load of 2,000 kg distributed in the component mounting area. The parameters analyzed include Von Mises Stress, Displacement, and Factor of Safety (FOS). The simulation results show that the maximum stress value that occurs is still below the material yield stress limit, while the maximum displacement value is still within acceptable limits. The Factor of Safety value obtained must be in the range of 2.5 - 3, thus indicating that the frame design is in a safe condition for the given load. Based on these results, it can be concluded that the electric mini excavator frame design has adequate structural strength and is suitable for use as a basis for further design development.*

**Keyword :** *Mini Excavator Electric, Frame, Finite Element Analysis (FEA). Solidworks Simulation, Von Mises Stress, Factor of Safety.*



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT karena dengan ridho-nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kekuatan Rangka *Mini Excavator Electric* Menggunakan Aplikasi *Solidworks*” Skripsi Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada

1. Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunia-Nya lah maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya
2. Ayahanda penulis yang sampai saat ini tetap memperjuangkan semuanya demi kehidupan anaknya yang lebih baik kedepannya.
3. Almarhumah Ibunda selaku orang tua dari penulis yang berpulang ketika penulis berhasil masuk ke almamater ini, terimakasih telah menemani sampai masuk perguruan tinggi negeri, walau tidak bersama ketika penulis menyelesaikan masa belajarnya di perguruan tinggi.
4. Nenek dari penulis yang senantiasa memperhatikan kondisi penulis sewaktu melakukan penulisan skripsi, mulai dari fisik maupun secara emosional.
5. Bapak/Ibu dosen Selaku Dosen Pembimbing selama penyusunan tugas akhir.
6. Ariel Nadhif Athaya, saudara tidak sedarah yang selalu menjadi tempat cerita keluh kesah ketika ada masalah kehidupan dan selalu memberikan solusi terbaiknya ketika penulis merasa sedang ada di titik terendah.
7. Ali Muhdad, saudara tidak sedarah yang tidak pernah merasa terganggu sewaktu rumahnya dijadikan pelarian oleh penulis dari kejenuhan pembuatan laporan skripsinya.
8. Sahabat penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang selalu ada ketika penulis sedang berada di fase jenuh dan bantu menghibur.
9. Teman-teman PT BISA JAWAB yang selalu menjadi tempat penulis untuk tertawa lepas dan seketika lupa dengan pusingnya skripsi



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Keluarga besar Alat Berat yang selalu menjadi tempat nyaman ketika penulis datang ke kampus dan menjadi tempat ‘istirahat’ bagi penulis





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

|                                                                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PENGESAHAN .....                                                    | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....                                         | v    |
| ABSTRAK .....                                                               | vi   |
| KATA PENGANTAR.....                                                         | viii |
| BAB 1.....                                                                  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Penelitian.....                                          | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....                                        | 1    |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                                    | 2    |
| 1.4 Pertanyaan Penelitian .....                                             | 3    |
| 1.5 Tujuan Penelitian.....                                                  | 3    |
| 1.6 Manfaat Penelitian.....                                                 | 4    |
| 1.6.1 Manfaat Akademis.....                                                 | 4    |
| 1.6.2 Manfaat Praktis.....                                                  | 4    |
| 1.7 Sistematika Penulisan Skripsi .....                                     | 5    |
| BAB 2.....                                                                  | 6    |
| 2.1 Landasan Teori .....                                                    | 6    |
| 2.1.1 Mini Excavator Electric.....                                          | 6    |
| 2.1.2 Rangka Mini Excavator.....                                            | 6    |
| 2.1.3 Material Baja ST37.....                                               | 7    |
| 2.1.4 Pembebanan Struktur.....                                              | 9    |
| 2.1.5 Tegangan ( <i>stress</i> ) Von Mises.....                             | 9    |
| 2.1.6 Deformasi .....                                                       | 10   |
| 2.1.7 Faktor Keamanan ( <i>Factor of Safety</i> ) .....                     | 10   |
| 2.1.8 Finite Element Analysis (FEA) .....                                   | 11   |
| 2.1.9 Solidworks .....                                                      | 12   |
| 2.2 Kajian Literatur .....                                                  | 13   |
| 2.3 Kerangka Pemikiran dan Pengembangan Hipotesis (jika ada hipotesis)..... | 15   |
| BAB 3.....                                                                  | 17   |
| 3.1 Diagram Alir.....                                                       | 17   |
| 3.2 Jenis Penelitian .....                                                  | 18   |
| 3.3 Objek Penelitian .....                                                  | 18   |
| 3.4 Metode Pengambilan Sampel.....                                          | 18   |
| 3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian .....                                  | 19   |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 3.6 Metode Pengumpulan Data Penelitian .....   | 20 |
| 3.7 Metode Analisis .....                      | 21 |
| BAB 4.....                                     | 22 |
| 4.1 Hasil Penelitian.....                      | 22 |
| 4.1.1 Pemilihan Material .....                 | 22 |
| 4.1.2 Proses Desain Rangka Lama .....          | 24 |
| 4.1.3 Analisa Kekuatan Rangka Lama .....       | 26 |
| 4.1.4 Pembacaan Hasil Analisa Lama .....       | 29 |
| 4.1.4.1 <i>Stress (Von Mises Stress)</i> ..... | 29 |
| 4.1.4.2 <i>Displacement</i> (Perpindahan)..... | 30 |
| 4.1.4.3 Factor of Safety (FOS) .....           | 31 |
| 4.1.5 Proses Desain Rangka Baru.....           | 32 |
| 4.1.6 Analisa Kekuatan Rangka Baru.....        | 35 |
| 4.1.7 Pembacaan Hasil Analisa Baru.....        | 37 |
| 4.1.7.1 Stress (Von Misses Stress).....        | 37 |
| 4.1.7.2 <i>Displacement</i> (Perpindahan)..... | 38 |
| 4.1.7.3 Factor of Safety (FOS) .....           | 39 |
| 4.2 Perbandingan .....                         | 41 |
| 4.2.1 Stress (Von Misses Stress).....          | 41 |
| 4.2.2 <i>Displacement</i> (Perpindahan).....   | 42 |
| 4.2.3 Factor of Safety (FOS) .....             | 43 |
| 4.2.4 Perbandingan Desain Lama dan Baru .....  | 44 |
| BAB 5.....                                     | 45 |
| 5.1 Kesimpulan.....                            | 45 |
| 5.2 Saran.....                                 | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                            | 47 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 1 Acuan Desain Rangka Lama.....            | 24 |
| Gambar 4. 2 Profil C Channel .....                   | 25 |
| Gambar 4. 3 Rangka Desain Lama.....                  | 25 |
| Gambar 4. 4 Fixtured Geomatriy 1.....                | 26 |
| Gambar 4. 5 Detail 1 .....                           | 26 |
| Gambar 4. 6 Area Pembebanan 1 .....                  | 27 |
| Gambar 4. 7 Ilustrasi Pembanan.....                  | 27 |
| Gambar 4. 8 Arah Pembebanan 1 .....                  | 28 |
| Gambar 4. 9 Meshing 1 .....                          | 29 |
| Gambar 4. 10 Stress Test 1 Tampak Atas .....         | 29 |
| Gambar 4. 11 Stress Test 1 Tampak Samping .....      | 30 |
| Gambar 4. 12 Displacement Test 1 Tampak Atas.....    | 30 |
| Gambar 4. 13 Displacement Test 1 Tampak Samping..... | 31 |
| Gambar 4. 14 FOS Test 1 .....                        | 31 |
| Gambar 4. 15 Hasil FOS Test 1.....                   | 31 |
| Gambar 4. 16 Acuan Desain Rangka Baru.....           | 32 |
| Gambar 4. 17 Desain Baru Tampak Samping .....        | 33 |
| Gambar 4. 18 Penambahan Batangan Support.....        | 33 |
| Gambar 4. 19 Fixed Geomatriy 2.....                  | 35 |
| Gambar 4. 20 Detail 2 .....                          | 35 |
| Gambar 4. 21 Area Pembebanan 2 .....                 | 36 |
| Gambar 4. 22 Arah Pembebanan 2 .....                 | 36 |
| Gambar 4. 23 Meshing 2 .....                         | 37 |
| Gambar 4. 24 Stress Test 2 Tampak Atas .....         | 37 |
| Gambar 4. 25 Stress Test 2 Tampak Samping .....      | 38 |
| Gambar 4. 26 Displacement Test 2 Tampak Atas.....    | 38 |
| Gambar 4. 27 Displacement Test 2 Tampak Samping..... | 39 |
| Gambar 4. 28 FOS Test 2 .....                        | 39 |
| Gambar 4. 29 Hasil FOS Test 2.....                   | 40 |
| Gambar 4. 30 Stress Test Rangka Lama.....            | 41 |
| Gambar 4. 31 Stress Test Rangka Baru .....           | 41 |
| Gambar 4. 32 Displacement Test Rangka Lama .....     | 42 |
| Gambar 4. 33 Displacement Test Rangka Baru.....      | 43 |
| Gambar 4. 34 Hasil FOS Rangka Lama .....             | 43 |
| Gambar 4. 35 Hasil FOS Rangka Baru .....             | 44 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR TABEL

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Perbandingan Material.....             | 8  |
| Tabel 2. 2 Kajian Literatur.....                  | 13 |
|                                                   |    |
| Tabel 4. 1 Sifat Material ST37 .....              | 22 |
| Tabel 4. 2 Beban Komponen .....                   | 23 |
| Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai Stress.....         | 42 |
| Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai Displacement .....  | 43 |
| Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Analisa Desain..... | 44 |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Perkembangan teknologi alat berat saat ini mulai mengarah pada penggunaan sistem berbasis listrik sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas buang. Salah satu implementasinya adalah pengembangan desain *mini excavator electric* yang dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Negeri Jakarta.

Pada pembangunan *mini excavator electric*, direncanakan penggunaan rangka yang sudah ada dari penelitian sebelumnya. Namun, perubahan sistem dari diesel konvensional menjadi unit full elektrik menyebabkan adanya perubahan beban, terutama pada komponen-komponen utama penyimpanan daya elektrik serta komponen pendukung lainnya. Kondisi tersebut yang diyakini oleh penulis bahwa harus dilakukan analisis ulang pada rangka yang sudah ada terkait beban yang akan ditopang kedepannya.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan *software Solidworks Simulation*, yang mampu menganalisis distribusi tegangan dan deformasi pada struktur. (Suryo et al., 2018)

Berdasarkan hal tersebut, penelitian dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan rangka *mini excavator* yang akan digunakan, sehingga dapat diketahui apakah rangka tersebut masih layak digunakan atau memerlukan perbaikan desain. (Shan et al., 2025)

### 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah rangka tersebut mampu menopang beban yang diberikan dari komponen-komponen yang telah dilakukan konversi dari diesel konvensional menjadi unit *electric vehicle*?



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Bagaimana cara penanganan jika hasil analisa rangka tersebut tidak dapat menahan beban tersebut?
3. Bagaimana jika nilai FOS dari pengujian rangka tidak mencapai angka 3 yang dimana itu adalah angka aman?
4. Apakah solusi yang ditawarkan dapat menaikkan nilai FOS pada desain rangka?

### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada analisis kekuatan rangka *undercarriage* mini excavator elektrik hasil perancangan menggunakan *software* Solidworks *Simulation* 2026.
2. Material yang digunakan pada rangka *undercarriage* adalah baja karbon ST 37 dengan sifat mekanik sesuai pada jurnal yang digunakan.
3. Analisis dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) melalui fitur Solidwork *Simulation*.
4. Pembebanan yang diberikan berupa beban statis (*static load*) yang berasal dari berat komponen *mini excavator* elektrik, tanpa memperhitungkan beban dinamis selama proses pengoperasian.
5. Analisis hanya meliputi parameter tegangan *Von Mises* (*Von Mises Stress*), perpindahan (*Displacement*), dan faktor keamanan (*Factor of Safety*).
6. Simulasi tidak mempertimbangkan pengaruh getaran, kelelahan material (*fatigue*), perubahan temperatur, korosi, maupun kondisi lingkungan.
7. Sambungan rangka diasumsikan memiliki kondisi ideal sesuai dengan pemodelan pada perangkat lunak dan tidak mempertimbangkan cacat manufaktur maupun kualitas pengelasan.
8. Hasil penelitian diperoleh berdasarkan simulasi numerik menggunakan aplikasi Solidworks dan tidak dilakukan pengujian eksperimental pada rangka.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

#### 1.4 Pertanyaan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa pertanyaan yang diajukan, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi tegangan yang terjadi pada rangka mini excavator elektrik akibat pembebanan dari komponen-komponen utama sistem elektrik?
2. Bagaimana nilai deformasi yang terjadi pada rangka mini excavator saat menerima beban kerja yang diberikan?
3. Apakah rangka mini excavator yang digunakan masih memenuhi faktor keamanan (*factor of safety*) yang aman setelah dilakukan konversi menjadi sistem elektrik?
4. Bagaimana hasil analisis kekuatan rangka menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada SolidWorks Simulation?
5. Apakah diperlukan perbaikan atau modifikasi desain rangka berdasarkan hasil analisis kekuatan yang diperoleh?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis distribusi tegangan yang terjadi pada rangka mini excavator elektrik akibat pembebanan dari komponen-komponen sistem elektrik.
2. Mengetahui nilai deformasi yang terjadi pada rangka mini excavator saat menerima beban kerja.
3. Mengevaluasi faktor keamanan (*factor of safety*) pada rangka *mini excavator* berdasarkan hasil analisis kekuatan struktur.
4. Menganalisis kekuatan rangka mini excavator menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan perangkat lunak SolidWorks Simulation.
5. Menentukan kelayakan penggunaan rangka yang ada serta memberikan usulan perbaikan desain apabila diperlukan berdasarkan hasil analisis.
6. Membandingkan nilai FOS pada desain rangka lama dan desain rangka baru.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari adanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1.6.1 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang alat berat dan analisis struktur, khususnya mengenai analisis kekuatan rangka pada mini excavator elektrik menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan alat berat berbasis energi listrik dan analisis struktur rangka menggunakan SolidWorks Simulation.

### 1.6.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi terhadap kelayakan penggunaan rangka mini excavator yang digunakan pada proyek mini excavator elektrik di lingkungan kampus. Hasil penelitian juga diharapkan dapat membantu dalam mengetahui kemampuan rangka dalam menahan beban kerja serta menjadi dasar pertimbangan apabila diperlukan perbaikan atau modifikasi desain rangka agar lebih aman dan sesuai dengan kebutuhan operasional.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

### 1. BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan skripsi yang digunakan

### 2. BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep desain rangka, sistem pembebanan, analisis beban dan distribusi gaya, serta penelitian terdahulu yang relevan. Bab ini menjadi dasar teoritis dalam perancangan dan analisis

### 3. BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi jenis penelitian (rekayasa desain), pengumpulan data, tahapan perancangan, perhitungan teknis, pemodelan desain, serta Metode analisis kekuatan evaluasi kelayakan desain

### 4. BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil perancangan rangka *mini excavator* elektrik, analisis beban, hasil perhitungan kekuatan struktur, serta pembahasan mengenai kesesuaian desain terhadap kebutuhan operasional penggunaan pada wilayah kampus atau perkotaan

### 5. BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis kekuatan rangka *mini excavator* elektrik menggunakan metode *Finit Element Analysis* (FEA) pada *software* Solidworks *simulation*, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rangka *mini excavator* elektrik berhasil dirancang menggunakan baja material ST37 dengan profil *c channel* dengan dimensi yang disesuaikan terhadap kebutuhan pembebanan.
2. Analisis statik menunjukkan bahwa rangka mampu menahan beban kerja yang diberikan dengan nilai tegangan maksimum yang masih berada di bawah batas tegangan luluh material, sehingga tidak mengalami kegagalan struktur.
3. Nilai perpindahan (*displacement*) maksimum yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga tidak mengganggu fungsi dan stabilitas rangka saat digunakan.
4. Berdasarkan analisis faktor keamanan (*Factor of Safety*), rangka memiliki tingkat keamanan yang memenuhi kriteria desain. Nilai faktor keamanan yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur masih aman terhadap pembebanan yang diberikan.
5. Metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada solidworks *simulation* dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan keamanan desain rangka secara efektif sebelum proses manufaktur dilakukan.
6. Berdasarkan pengujian pada desain rangka *mini excavator* lama dan membandingkan dengan desain rangka *mini excavator* baru, disimpulkan bahwa desain rangka *mini excavator* baru berhasil menahan beban yang diinginkan dan masuk dalam kriteria faktor keamanan.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi profil rangka atau jenis material yang berbeda untuk memperoleh desain yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang baik.
2. Analisis dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan beban dinamis, getaran, dan kondisi kerja aktual, sehingga hasil simulasi lebih mendekati kondisi lapangan.
3. Perlu dilakukan validasi eksperimental terhadap hasil simulasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil analisis numerik dan kondisi sebenarnya.
4. Optimasi desain rangka dapat dilakukan dengan menambahkan atau memodifikasi elemen pengaku pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi guna meningkatkan nilai faktor keamanan.
5. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan aspek manufaktur, biaya produksi, dan efisiensi penggunaan material agar diperoleh desain yang lebih optimal secara teknis maupun ekonomis.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfatih Hendrawan, M., Ilmu Purboputro, P., Aji Saputro, M., & Setiyadi, W. (2018). *Perancanganchassis Mobil Listrik Prototype “Ababil” dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016*.
- Arif Budiman, F., Septiyanto, A., Sudiyono, Dwi Nur Indriawan Musyono, A., & Setiadi Rizki. (2021). Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 16, Number 1). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Awwaluddin, M., Kekuatan Rangka Sepeda Listrik, A., & Struktur pada Solidworks, A. (2019). Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks. *Journal of Technical Engineering: Piston Vol. 3, No. 1, (2019)*, 5–16.
- Doorn, N., & Hansson, S. O. (2018). *6 Factors and Margin of Safety*.
- Efendi, A. W. (2024). Structural Performance and Stress Contour Analysis of Multi Utility Tunnels Using LISA V.8 Finite Element Analysis. *JOURNAL OF RESEARCH AND INOVATION IN CIVIL ENGINEERING AS APPLIED SCIENCE (RIGID)*, 3(2), 54–62.
- Eka Pramono, G., Hartono, B., Sutoyo, E., & Panji Romadon, J. (2024). ANALISA DESAIN RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK GRACIA TMK19 TIPE DOUBLE CRADLE MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA). In *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 6, Number 1). <http://ejournal2.uika-bogor.ac.id/index.php/ame/index>
- Febritasari, R., Reza Agus Santoso, M., Arif Sutrisno, T., Adityo Pohan, G., Rahmadianto, F., Hari Prasawanto, D., Nani Prohatmi, T., & Yohanes Setyawan, E. (2023). Analisis Distribusi Tegangan Dan Deformasi Pada Rangka Motor Trail Dengan Metode Elemen Hingga. *Teknologi Hijau Berkelanjutan*.
- Hery Irawan, & Raka Noerman Khatami. (2026). Optimasi Kinerja dan Kekuatan Poros Mesin Pencacah Ban Multifungsi Berbasis Metode FEA. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 4(2), 57–63. <https://doi.org/10.61132/mars.v4i2.1563>
- Jayanti, R. T. (2021). Studi Pengujian Sifat Mekanik Material Baja ST-37. In *Majalah Teknik Industri* (Vol. 29).
- Kurihara, K., Naka, H., Shitara, Y., & Iitani, H. (2022). *Study of Full Electric Mini Excavator* (Vol. 68, Number 175).



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Mikro, A. S., Peningkatan, D., Mekanis, S., Smaw, P., & St, B. (2021). Jurnal Teknik Mesin: CAKRAM 2021 Mustasyar Perkasa dkk. *Jurnal Teknik Mesin: CAKRAM*, 104–110.
- Perkasa, M., Awwaluddin, M., Sulistiyo, W., & Prijono. Kusdi. (2021). ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN PENINGKATAN SIFAT MEKANIS PENGELASAN SMAW BAJA ST 37. *Jurnal Teknik Mesin*, 104–110.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299–306. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.8872>
- Restu Pahlawan, A., Hanifi, R., & Santosa, A. (2021). Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016. *Jurnal METTEK*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24843/mettek.2021.v07.i01.p01>
- S, J., Imran, Dr. M., Moshin Ali H, Dr. M., & Nagara, Dr. M. (2023). STATIC STRUCTURAL ANALYSIS OF BACKHOE LOADER EXCAVATOR BUCKET TEETH. In *Futuristic Trends in Mechanical Engineering Volume 3 Book 5* (pp. 115–128). Iterative International Publishers, Selfpage Developers Pvt Ltd. <https://doi.org/10.58532/v3bdme5p2ch1>
- Samsul. (2021). *Mini Excavator Drawing*.
- Shan, J., Jia, G., & Li, C. (2025). EX1200 excavator structure simulation and analysis. *Vibroengineering Procedia*, 59, 223–229. <https://doi.org/10.21595/vp.2025.24798>
- Shulhany, A., Kusuma Laksanawati, E., & Setiawan, A. Y. (2022). Analisis Kekuatan Rangka pada Perancangan Mesin Press Briket Eceng Gondok Menggunakan Solidworks. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1).
- Simbolon, S., & Kurniawan, B. (2022). Simulasi Kekuatan Rangka Mesin Press Papan Komposit dengan Variasi Tekanan Menggunakan Software Solidworks. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 6(1), 59–67.
- Suryo, S. H., Bayuseno, A. P., Jamari, J., & Ramadhan, G. (2018). Simulation of Excavator Bucket Pressuring Through Finite Element Method. *Civil Engineering Journal*, 4(3), 478–487. <https://doi.org/10.28991/cej-0309107>
- Taskaya, S., Zengin, B., Kaymaz, K., & Askin, M. (2019). Elastic Stress Analysis of St 37 and St 70 Steels with Finite Element Method. *International Journal of Materials Science and Applications*, 8(6), 103–108. <https://doi.org/10.11648/j.ijmsa.20190806.12>



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tenggara, B. B., & Djiwo, S. (2026). Analisa Tegangan Von Mises Stress, Deformation, Dan Safety Factor Perancangan Rangka Auto Transfer Tipe Lifter Dengan Pendekatan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 292–297. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jmmme/>

Trianto, G., Burhanuddin, A., & Setyoadi, Y. (2026). Analisis Perancangan Casis Mobil Listrik dan Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 05(01), 67–73.

Widiyanto, W., Ari Purwanto, A., Muhamad, S., & Juwita, D. (2026). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR ARM CHAIR PRODUKSI INDUSTRI FURNITUR MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA). *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 207–215.

Yerwal, P., Thawal, P., Bansode, S., Deore, V., & Sahu, Dr. A. (2021). Design, Modelling and FEM Analysis of Excavator Arm. *IARJSET*, 8(6), 236–241. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2021.8642>

Zainuri F, & Noval R. (2025). *Analisa Pengembangan Mini Excavator Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan*.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**