



**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

*"Alam Takambang Jadi Guru"*

**TUGAS AKHIR – MSN1.62.8004**

**DESAIN DAN ANALISIS RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK  
TIPE TRAIL MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS***

**Muhammad Fatiy Elmoudi  
NIM 19338060**

**Dosen Pembimbing  
Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Padang  
2024**

## PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Desain dan Analisis Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trail  
Menggunakan *Finite Element Analysis*  
Nama : Muhammad Fatiy Elmoudi  
Nim : 19338060  
Tahun Masuk : 2019  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

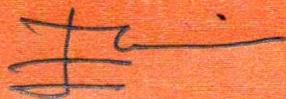
Padang, 31 Mei 2024

Disetujui oleh :  
Dosen Pembimbing



Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 197801142003122003

Kepala Departemen  
Teknik Mesin



Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd  
NIP. 198001142010121001

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

*Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir Di Depan  
Tim Penguji Program Studi SI Teknik Mesin, Departemen Teknik  
Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.*

Judul : Desain dan Analisis Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe  
Trail Menggunakan *Finite Element Analysis*  
Nama : Muhammad Fatiy Elmoudi  
Nim : 19338060  
Tahun Masuk : 2019  
Program Studi : SI Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

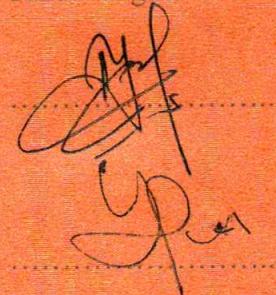
Padang, 31 Mei 2024

### Tim penguji

Nama

Tanda tangan

1. Ketua : Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D.



2. Anggota : Drs. Yufrizal A, M.Pd.



3. Anggota : Rahmat Azis Nabawi, S.Pd., M.Pd.T.



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, Tugas Akhir dengan judul “ Desain dan Analisis Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trail Menggunakan *Finite Element Analysis* ” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah di tulis atau di publikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila ada kemungkinan hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 31 Mei 2024  
Saya yang menyatakan,

Muhammad Fatiy Elmoudi  
NIM 19338060

## ABSTRAK

### **Muhammad Fatiy Elmoudi : Desain dan Analisis Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trail Menggunakan Finite Element Analysis**

Sepeda motor saat ini sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil yang menimbulkan dan meningkatnya tingkat polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang (Wandani et al., 2018).. Peralihan dari sepeda motor bensin ke sepeda motor listrik hanya membutuhkan beberapa perubahan, terutama pada rangka mesin (Hastuti et al., 2022). Analisis rangka menjadi penting karena rangka adalah kerangka dasar sepeda motor yang menopang semua komponen lainnya. Tujuan penelitian ini melakukan proses perancangan pada rangka untuk menemukan desain yang efektif. Penelitian ini menggunakan metode simulasi *Computer Aided Engineering* (CAE) menggunakan perangkat lunak *Solidwork Research License 2021-2022*. Material yang digunakan pada analisis simulasi adalah DIN 1.0038. Validasi data pada penelitian ini menggunakan perbandingan menggunakan dua software yaitu Ansys 2023 Student dan *Solidwork Research License 2021-2022*. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini nilai tegangan maksimum pada model 1 sebesar 120, 280 MPa, dengan nilai deformasi 0,289 mm, dan nilai factor of safety 2, berat pada rangka model 1 yaitu 12,6 kg. Pada rangka model 2 hasil dari tegangan maksimum sebesar 165, 295 MPa, dengan nilai deformasi 0,556 mm, dan nilai factor of safety 1,4, berat pada rangka model 2 yaitu 11,6 kg. Dari kedua model rangka desain yang terbaik ada dimodel 1, karena rangka model 1 memiliki kelebihan pada nilai tegangan maksimum, deformasi, dan factor of safety. Kekurangn pada rangka model 1 terletak pada beban rangka yang lebih berat dibandingkan dengan rangka model 2.

**Kata Kunci** : Sepeda motor listrik, finite element analysis, rangka

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, berkat Rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian dengan judul **DESAIN DAN ANALISIS RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK TIPE TRAIL MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS***. Penyusunan proposal penelitian ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan proposal penelitian ini, penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis belum tentu dapat menyelesaikan proposal penelitian ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam penyusunan proposal penelitian.
2. Bapak Drs. Yufrizal A, M.Pd. selaku Dosen Peninjau 1 yang telah memberikan masukan kepada penulis pada penelitian ini.
3. Bapak Rahmat Azis Nabawi, S.Pd, M.Pd.T. selaku Dosen Peninjau 2 yang telah memberikan masukan kepada penulis pada penelitian ini.
4. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

6. Rekan-rekan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
7. Kepada orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh dalam pendidikan.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan proposal penelitian ini.

Walaupun demikian, dalam proposal penelitian ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan proposal penelitian ini.

Padang , 31 Mei 2024

Muhammad Fatiy Elmoudi  
NIM 19338060

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Frame Motor.....	7
B. Tegangan.....	8
C. Regangan ( <i>strain</i> ) dan Deformasi.....	9
D. Kekuatan Luluh ( <i>Yeild Strenght</i> ).....	9
E. Methode Elemen Hingga ( <i>Finite Element Method</i> ).....	10
F. Meshing Boundary.....	11

G. Analisis Statik Solidwork.....	13
H. Penelitain Relevan .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
A. Jenis Penelitian .....	18
B. Waktu Penelitian.....	18
C. Tahap Penelitian .....	18
D. Simulasi <i>set-up</i> .....	22
E. Variabel Penelitian.....	26
F. Alat dan Bahan .....	28
G. Flowchart.....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
A. Desain .....	31
B. Validasi Data .....	31
C. Hasil Penelitian.....	34
D. Pembahasan.....	39
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
A. Kesimpulan.....	41
B. Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram distribusi produk dalam negeri tahun 2023 .....	3
Gambar 2. Jenis rangka (a), (b), (c), dan (d) .....	7
Gambar 3. Konsep regangan (Hibbler, 2011) .....	9
Gambar 4. Properties of Material (Hibbler, 2011) .....	10
Gambar 5. One-Dimension Element dengan 2 node (Sun, 2022) .....	11
Gambar 6. (a) Constra-strain triangle (b) Linear strain triangle (Sun, 2022).....	12
Gambar 7. (a) 4 node tetrahedron element, (b) 5 node pentahedral (pyramid) element, (c) 8 node rectangular solid element, (d) 8 node hexahedral isoparametric element. ....	13
Gambar 8. Dimensi sepeda motor listrik ELGO .....	19
Gambar 9. (a) Model rangka ELGO 1 (b) Model rangka ELGO 2 .....	20
Gambar 10. 3D Modelling rangka trail .....	22
Gambar 11. Tumpuan beban pada rangka.....	23
Gambar 12. (a) Pemberian beban pada rangka model 1 (b) Pemberian beban pada rangka model 2 .....	24
Gambar 13. Meshing pada rangka .....	25
Gambar 14. Mesh Boundary pada rangka.....	26
Gambar 15. Result simulation .....	26
Gambar 16. Diagram alir penelitian .....	30
Gambar 17. Perbandingan nilai tegangan maksimum .....	32
Gambar 18. Perbandingan nilai deformasi.....	32
Gambar 19. Perbandingan nilai factor of safety .....	32
Gambar 20. (a) Hasil tegangan von mises ansys (b) Hasil tegangan von mises solidwork.....	33
Gambar 21. (a) Hasil deformasi anys (b) Hasil deformasi solidwork .....	33
Gambar 22. (a) Hasil factor of safety ansys (b) Hasil factor of safety solidwork	34
Gambar 23. Distribusi Stress rangka model 1 .....	34
Gambar 24. Distribusi Stress rangka model 2 .....	35
Gambar 25. Grafik perbandingan nilai Stress .....	35
Gambar 26. Deformasi rangka model 1 .....	36

Gambar 27. Deformasi rangka model 2 .....	36
Gambar 28. Grafik perbandingan nilai deformasi .....	37
Gambar 29. Factor of Safety rangka model 1 .....	37
Gambar 30. Factor of Safety rangka model 2 .....	38
Gambar 31. Perbandingan nilai minimum Factor of Safety pada rangka .....	38
Gambar 32. Perbandingan nilai berat pada rangka.....	39

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Dimensi sepeda motor listrik ELGO .....	19
Tabel 2. Properties material of DIN 1.0038 .....	21
Tabel 3. Validasi perbandingan .....	31

# BAB I

## PENDAHULUAN

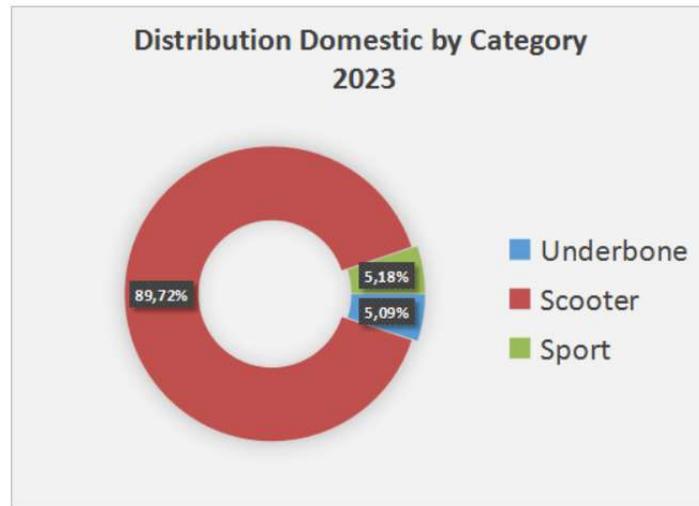
### A. Latar Belakang

Pada era modern ini, transportasi sudah menjadi bagian dari kebutuhan manusia untuk mempermudah dalam melakukan aktivitas sehari-hari, salah satunya adalah kendaraan roda dua atau sepeda motor. Sepeda motor adalah kendaraan yang sering digunakan oleh masyarakat umum. Sepeda motor saat ini sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil yang menimbulkan dan meningkatnya tingkat polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang (Wandani et al., 2018).

Polusi yang diakibatkan oleh pengguna sepeda motor merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, karena salah satu faktor utama penyebab pencemaran udara adalah kendaraan. Emisi yang dikeluarkan oleh miliaran kendaraan setiap hari menyebabkan polusi udara (Pramono et al., 2020). Adanya gagasan untuk ditemukan bahan bakar pengganti bahan bakar fosil yaitu kendaraan yang lebih ramah lingkungan, sehingga muncul berbagai jenis sepeda motor listrik. Sepeda motor listrik bekerja hanya dengan sumber daya listrik dianggap ramah lingkungan. Komponen sepeda motor bensin dan listrik tidak terlalu berbeda, satu-satunya yang berbeda adalah mesin penggerak. Sepeda motor listrik terdiri dari rangka/*frame*, motor listrik, *controller*, dan baterai berbentuk paket. Peralihan dari sepeda motor bensin ke sepeda motor listrik hanya membutuhkan beberapa perubahan, terutama pada rangka mesin (Hastuti et al., 2022).

PLN mengadakan lomba inovasi untuk mahasiswa yang bertema PLN ICE. Ada beberapa cabang dalam perlombaan tersebut yaitu desain mobil listrik, prototype sepeda listrik, dan prototype sepeda motor listrik. Kompetisi semacam ini dapat menjadi ajang yang memotivasi para mahasiswa untuk mengembangkan teknologi sepeda motor listrik yang lebih inovatif dan efektif. Hal ini dapat mendorong penelitian dan pengembangan di bidang energi terbarukan dan teknologi kendaraan listrik. Dalam perlombaan tersebut membutuhkan persiapan dan perancangan. Tugas akhir ini terfokus kepada perlombaan *prototype* sepeda motor listrik. Spesifikasi dari sepeda motor listrik yang akan dirancang meliputi bobot motor 100 kg, panjang motor 1950 mm, ground clearance 300 mm, dan tipe motor trail.

Asosiasi industri sepeda motor Indonesia menyebutkan distribusi penjualan dalam negeri untuk bulan Januari 2023 mengalami penambahan sebanyak 7.172 unit. Data awal sebelum revisi adalah 608.244 unit, dan setelah revisi jumlahnya 615.416 unit. Hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 7.172 unit data dari awal. Dari data tersebut memiliki beberapa kategori yaitu *underbone* 5,09%, *scooter* 89,72%, dan *sport* 5,18%. Sepeda motor yang akan dirancang pada tugas akhir ini merupakan sepeda motor listrik tipe trail. Sepeda motor listrik tipe trail didalam tugas akhir ini meliputi *category* *scooter* dan *sport*. Diagram distribusi dalam negeri tersebut bisa dilihat pada Gambar 1.



Category	Unit %
Underbone	5,09%
Scooter	89,72%
Sport	5,18%

Gambar 1. Diagram distribusi produk dalam negeri tahun 2023  
(Sumber : <https://www.aisi.or.id/statistic/> )

Sepeda motor trail merupakan sepeda motor yang dirancang khusus untuk digunakan di luar jalan raya dan sering kali harus mengatasi berbagai hambatan seperti bebatuan, lumpur, tanjakan curam, atau jalur berliku. Selain itu sepeda motor trail ini memiliki rangka/*frame* yang mudah di desain.

Dalam konteks ini, analisis rangka menjadi penting karena rangka adalah kerangka dasar sepeda motor yang menopang semua komponen lainnya. Rangka harus mampu menahan beban, dan memberikan stabilitas serta kendali yang baik saat berkendara di medan off-road yang sulit. Kualitas dan desain rangka akan mempengaruhi kemampuan sepeda motor dalam menghadapi tantangan ini.

Tujuan penelitian ini melakukan proses perancangan pada rangka untuk menemukan desain yang efektif. Variasi rangka diperlukan untuk pengujian ini agar bisa memastikan rangka yang dibuat nantinya dapat digunakan dengan baik dan aman. Desain yang efektif juga harus ekonomis dan aman dalam kondisi pembebanan yang ekstrim. Desain harus mampu bertahan untuk semua kecepatan dan dampak yang dipertimbangkan. Oleh karena itu, analisis memberi kita informasi tentang rangka selama dampak ini (Balasubramanyam et al., 2019). Perancangan rangka sepeda motor listrik memerlukan banyak pertimbangan agar dapat diselesaikan lebih cepat dan menekan biaya produksi dibandingkan dengan produksi langsung. Desain yang dirancang perlu disimulasi untuk memastikan bahwa rangka yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan pengguna (Hastuti et al., 2022c).

Penelitian sebelum telah meningkatkan kualitas Swing arm pada Sepeda motor listrik ELGO, dengan kajian adanya Gusset yang mampu meningkatkan kekuatan pada swing arm dan mengurangi tegangan maksimum pada area kritis (Hidayat et al., 2023). Desain Sepeda Motor Listrik ELGO sebelumnya sudah dikompitisikan di lomba International Innovation Arsvot Malaysia (IAM2022) dan mendapat nominasi desain tiga terbaik.

Pada penelitian dilanjutkan untuk lebih meningkatkan kualitas dari sepeda motor listrik ELGO yang fokus kepada rangka. Dimana rangka mampu menahan beban dan memiliki bobot yang ringan. Penelitian ini mengevaluasi dan membuat komponen rangka menjadi ringan, rangka yang ringan akan menghemat penggunaan daya pada motor listrik.

Simulasi dilakukan dengan memvariasikan dua model rangka dan variasi beban simulasi. Dari hasil simulasi akan dipilih rangka yang memiliki tegangan dan deformasi serta memiliki *safety factor* paling tinggi. Proses simulasi model rangka menggunakan *Solidwork Research Licence 2021-2022*.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Sepeda motor listrik merupakan kendaraan ramah lingkungan.
2. Kemampuan sepeda motor listrik tidak berbeda dengan sepeda motor bensin.
3. Sepeda motor listrik tipe trail dirancang harus mampu menahan beban yang baik saat berkendara di medan off-road.
4. Dibutuhkan proses desain rangka sepeda motor listrik tipe trail.
5. Dibutuhkan analisis kekuatan statik pada rangka sepeda motor tipe trail.

## **C. Batasan Masalah**

Pada penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Simulasi CAE rangka sepeda motor tipe trail dengan pembebanan statik.
2. Data analisis statik dari 2 model rangka motor tipe trail .
3. Pemberian beban pada rangka dibatasi dengan beban penumpang, beban baterai, dan beban pada pegas.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana proses perancangan rangka sepeda motor listrik tipe trail?
2. Bagaimana bentuk dari 2 model rangka sepeda motor listrik tipe trail?
3. Bagaimana hasil analisis beban statik terhadap 2 model rangka bisa memilih yang terbaik?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan desain rangka sepeda motor listrik simpel dan ringan.
2. Membuat desain 2 model rangka sepeda motor listrik tipe trail.
3. Melakukan analisis beban statik terhadap alternatif rangka untuk memilih yang terbaik.

#### **F. Manfaat Penelitian**

1. Teoritis
  - a. Nilai data analisis statis dan dinamis yang dihasilkan dari 2 alternatif frame motor tersebut.
  - b. Dapat sebagai bahan rujukan dalam pembuatan model frame motor pada sepeda motor.
2. Praktis

Model *frame* motor dapat diterapkan dalam dunia Industri otomotif, karena bahan yang ringan dan kuat dalam menahan getaran yang disebabkan oleh bentuk jalan.