

**ANALISIS DESAIN KEKUATAN RANGKA ALAT
PENGUKUR KEKAKUAN SPRING
VALVE MOTOR BEBEK 4-TAK MENGGUNAKAN METODE
FEA**

SKRIPSI

**Heru Maulana
20200110017**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

**ANALISIS DESAIN KEKUATAN RANGKA ALAT
PENGUKUR KEKAKUAN SPRING
VALVE MOTOR BEBEK 4-TAK MENGGUNAKAN METODE
FEA**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Mesin*

Heru Maulana

20200110017



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
AGUSTUS 2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : Analisis Kekuatan Rangka Alat pengukur Kekakuan Spring Valve
Motor Bebek 4-tak Menggunakan Metode FEA
NAMA : Heru Maulana
NIM : 20200110017

“saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai bukti-bukti yang cukup maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar sarjana teknik mesin saya beserta hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”

Sukabumi, 24 Agustus 2024


Heru Maulana

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : Analisis Kekuatan Rangka Alat pengukur Kekakuan Spring Valve
Motor Bebek 4-tak Menggunakan Metode FEA
Nama : Heru Maulana
Nim : 20200110017

Skripsi ini telah di periksa dan disetujui

Sukabumi, 24 Agustus 2024

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami. M. Si
NIDN: 0415039402

Pembimbing



Lazuardi Akmal Islami. M. Si
NIDN. 0415039402

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : Analisis Kekuatan Rangka Alat pengukur Kekakuan Spring Valve
Motor Bebek 4-tak Menggunakan Metode FEA

NAMA : HERU MAULANA

NIM ; 20200110017

Skripsi Ini Telah Diujikan Dan Dipertahankan Didepan Dewan Pebguji Pada
Sidang Skripsi Tanggal 24 Agustus 2024 Menurut Pandangan Kami, Skripsi Ini
Memadai Dari Segi Kualitas Untuk Tujuan Penganugerahan Gelar Sarjana Teknik
Mesin.

Sukabumi 24 Agustus 2024

Pembimbing Utama

Lazuardi Akmal Islami. M. Si
NIDN. 0415039402

Dosen penguji 1

Ir. Dani Mardiyana S.Pd., M.T
NIDN : 04290338703

Dosen Penguji 2

Zaid Sulaiman S.T., M.T
NIDN: 0410109701

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Lazuardi Akmal Islami M.Si
NIDN: 0415039402

PLH. Dekan Fakultas Teknik, Komputer Dan Desain

Ir. Paikun, S.T.M.T., IPM., ASEAN.Eng
NIDN. 0402037401

PERSEMBAHAN

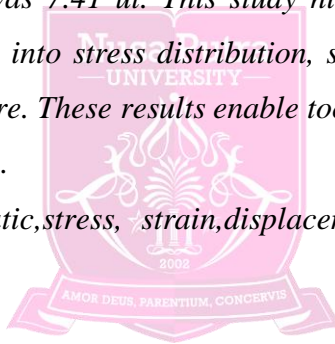
Dengan segala puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya ucapkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

1. Orang tua tersayang Bapak Engkos dan Ibu Juju yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan doa dan tiada doa yang paling khusuk selain doa yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembahan bakti dan cinta ku untuk kalian bapak ibuku.
2. Bapak dan Ibu Dosen pembimbing, penguji dan pengajar, yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatrit di hati.
3. Saudara saya (Kakak dan Adik), yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, senyum dan doanya untuk keberhasilan ini, cinta kalian adalah memberikan kobaran semangat yang menggebu, terimakasih dan sayang ku untuk kalian.
4. Sahabat dan teman-teman HMM, tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tak kan mungkin aku sampai disini, terimakasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa! Salam Solidarity Forever!!!Semangat!!!

ABSTRACT

The Spring Valve Stiffness Measuring Tool for 4-Stroke Motorcycles is a device designed by Argy Shalom Ramadhan to enhance workshop operational efficiency. Although the design process has been completed, structural strength analysis was not included in the development phase. This study aims to analyze the frame strength using the Finite Element Analysis (FEA) method with Autodesk Inventor 2023 software. The analysis encompasses evaluations of von Mises stress, strain, deformation, and safety factors to assess the structure's performance under various loading conditions. Simulation results reveal that under a load of 3,000 N, the maximum von Mises stress reached 2,094 MPa, the maximum strain was 0.008503 μ l, maximum deformation was 18.01 mm, and the minimum safety factor was 0.1. In contrast, under a 40 N load, the maximum von Mises stress was 27.92 MPa, maximum strain was 0.0001134 ul, maximum deformation was 0.2402 mm, and the minimum safety factor was 7.41 ul. This study highlights that the FEA method provides critical insights into stress distribution, strain, deformation, and safety factors within the structure. These results enable tool optimization to ensure safety and reliable performance.

Keyword : Analysis static, stress, strain, displacement, safety factor, and valve spring.



ABSTRAK

Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-Tak merupakan perangkat yang dirancang oleh Argy Shalom Ramadhan untuk meningkatkan efisiensi operasional bengkel. Meskipun proses desain telah dilakukan, analisis kekuatan struktur rangka belum menjadi bagian dari pengembangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan rangka menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) dengan perangkat lunak Autodesk Inventor 2023. Analisis ini mencakup evaluasi tegangan von Mises, regangan, deformasi, dan faktor keamanan (safety factor) untuk mengetahui kinerja struktur di bawah berbagai kondisi pembebanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada pembebanan 3.000 N, tegangan von Mises maksimum mencapai 2.094 MPa, regangan maksimum sebesar 0,008503 μl , deformasi maksimum 18,01 mm, dan safety factor minimum 0,1. Sementara itu, pada pembebanan 40 N, tegangan von Mises maksimum adalah 27,92 MPa, regangan maksimum 0,0001134 ul, deformasi maksimum 0,2402 mm, dan safety factor minimum 7,41 ul. Studi ini mengidentifikasi bahwa metode FEA mampu memberikan informasi kritis terkait distribusi tegangan, regangan, deformasi, serta faktor keamanan dalam struktur. Dengan hasil ini, alat dapat dioptimalkan untuk memastikan keamanan dan kinerja yang andal.

Kata Kunci : Analisis statik, tegangan, regangan, displacement, safety factor, dan spring Valve.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat serta hidayah nya kepada kita semua. Solawat serta salam selalu tercurahkan kepada rasulullah Muhamad SAW. Dengan rahmat dari Allah SWT penulisan dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis Kekuatan Rangka Alat Pengukur kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak Menggunakan Metode FEA(Finite Element Analysis)” dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu, baik secara materi, moral, spiritual dan mental. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terimakasih dan hormat yang sebesar-besarnya kepada

1. Kedua orang tua bapak ku “Engkos” dan Emak ku “Juju” yang telah memberi bantuan dari segi materi dan do ‘a yang tak pernah terhenti.
2. Bapak Dr. H Kurniawan, S.T., M.Si., M.M selaku rektor universitas nusa putra
3. Bapak Lazuardi Akmal Islami, M.Si. selaku kepala program studi teknik mesin universitas nusa putra dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
4. Bapak Dani Mardiyana, S.Pd., M.T dan bapak Zaid Sulaiman S.T., M. T Selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk penelitian yang telah dilakukan.
5. Teman-teman teknik mesin kelas TM 20A dan HMM Nusa Putra, peneliti ucapkan terimakasih yang telah terlibat dalam penelitian ini.
6. Teman-teman seperjuangan yang sudah terlibat di dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan untuk ke depan nya amin yaa robbal alamin. Sukabumi, 24 Agustus 2024

Heru Maulana

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya bertanda tangan

Di bawah ini:

Nama : Heru Maulana

Nim : 20200110017

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada universitas Nusa Puta **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah yang berjudul:

ANALISIS DESAIN KEKUATAN RANGKA ALAT PENGUKUR KEKAKUAN SPRING VALVE MOTOR BEBEK 4-TAK MENGGUNAKAN METODE FEA beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini universitas nusa putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di: Sukabumi

Pada, tanggal 24 Agustus 2024

Yang menyatakan



(Heru Maulana)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 (Finite Element Analysis).....	5
2.2 <i>Material Steel Mild</i>	6
2.3 pengukur kekakuan <i>spring valve</i>	7
2.4 Metode Langkah Desain	8
2.5 Metode Analisis Kekuatan	9
2.6 Rumus kestimbangan	12
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Diagram alir penelitian.....	14
3.2 Desain rangka alat.....	14
3.3 Pengujian FEA	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Arah gaya pada rangka.....	19



4.1.1 Perhitungan mencari gaya reaksi	20
4.1.2 Perhitungan momen kesetimbangan rangaka	22
4.2 Hasil <i>analysis static autodeks inventor</i>	24
4.3 Perhitungan manual <i>von misses stress</i>	30
4.4 Kondisi rangka setelah dilakukan analysis	33
4.5.....	33
4.6.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN	39



DAFTAR TABEL

Table 1 material steel mild.	7
-----------------------------------	---



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir.....	14
Gambar 3. 2 Desain rangka alat	15
Gambar 3. 3 Menu open.	15
Gambar 3. 4 Menu stress Analysis	16
Gambar 3. 5 Menu <i>generic</i>	16
Gambar 3. 6 Menu <i>Force</i>	17
Gambar 3. 7 Menu <i>location</i>	17
Gambar 3. 8 Menu <i>simulate</i>	18
Gambar 4. 1 Arah gaya rangka atas.....	19
Gambar 4. 2 arah gaya rangka tengah.	19
Gambar 4. 3 Arah gaya tumpuan rangka	19
Gambar 4. 4 arah gaya yang ada pada rangka	20
Gambar 4. 5 lokasi pembebanan.	24
Gambar 4. 6 Hasil <i>von misses stres</i> 3000 N	25
Gambar 4. 7 Hasil <i>von misses stres</i> 40N	26
Gambar 4. 8 Hasil <i>strain</i> 3000N	26
Gambar 4. 9 Hasil <i>strain</i> 40N	27
Gambar 4. 10 Hasil <i>displacement</i> 3000N	28
Gambar 4. 11 Hasil <i>displacement</i> 40N	28
Gambar 4. 12 Hasil <i>Safety factor</i> 3000N	29
Gambar 4. 13 Hasil <i>safety factor</i> 40N	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Material <i>Properties</i>	39
--	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini merupakan alat yang dibuat oleh Argy Shalom Ramadhan dan telah melakukan proses desain namun tidak ada analisis struktur kekuatan rangka pada mesin pengukur kekakuan spring Valve motor bebek 4-tak tersebut. Maka dalam hal ini penulis melakukan analisis rangka menggunakan simulasi analisis software Autodesk inventor, tujuan dari analisis kekuatan rangka alat ini adalah mengetahui berapa beban maksimal yang akan diterima oleh rangka mesin pengukur kekakuan spring Valve motor bebek 4-tak dan dapat mempermudah dalam pengoperasian di bengkel dapat lebih optimal dan dapat meningkatkan kualitas dari bengkel tersebut.

Salah satu metode yang sudah banyak digunakan untuk menganalisa karakteristik struktur rangka adalah metode elemen hingga, atau Finite Element Analysis (FEA). Metode FEA dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga safety factor dari sebuah rangka. Keunggulan dari metode FEA adalah penggunaan waktu dan biaya yang minimum, bahkan metode ini dapat digunakan sebelum prototype yang sebenarnya dibuat, disamping itu metode ini juga telah didukung oleh perangkat lunak berbasis CAE seperti program Pro Engineering[1].

Metode Finite Element Analysis (FEA) sangat cocok untuk menganalisis kekuatan struktur rangka. FEA adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam rekayasa untuk mengevaluasi perilaku mekanik suatu struktur atau komponen di bawah berbagai kondisi pembebanan. FEA memungkinkan analisis distribusi tegangan, regangan, deformasi dan faktor keamanan (safety factor) di seluruh struktur rangka. Ini membantu dalam mengidentifikasi area kritis yang mengalami tegangan tinggi atau deformasi berlebih [2].

Tegangan von Mises adalah konsep penting dalam mekanika material yang digunakan untuk memprediksi kapan suatu material akan mengalami plastisitas atau deformasi permanen di bawah kondisi pembebanan kompleks. Analisis tegangan penting dalam mengetahui tegangan, deformasi dan prediksi masa pakai yang

dialami komponen untuk menentukan titik stress tertinggi yang biasa dikenal sebagai titik kritis yang mengawali kegagalan [3].

Regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (gage length), regangan menunjukkan sejauh mana suatu material meregang atau memendek dibandingkan dengan panjang awalnya[4].

Displacement adalah nilai dari perubahan bentuk dari suatu part atau benda Dari bentuk aslinya meskipun bentuk dan ukurannya diubah karena terkena beban dari luar, Dalam konteks mekanika teknik dan analisis struktur, displacement sering digunakan untuk menggambarkan perubahan posisi bagian dari struktur atau material akibat beban tertentu[5].

Safety Factor atau angka keamanan adalah angka keamanan yang terdapat pada setiap desain. Faktor keamanan diperhitungkan dengan acuan pada hasil pembagian dari besar tegangan ijin (*Yield Strength*) dibagi dengan tegangan yang terjadi. Nilai Safety Factor yang tinggi menunjukkan bahwa struktur berada dalam kondisi aman, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan bahwa struktur mungkin mendekati kegagalan[6].

Dalam penelitian ini, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* untuk mengevaluasi kapasitas beban maksimum yang dapat diterima rangka alat tersebut. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah *Finite Element Analysis (FEA)*, yang merupakan teknik numerik yang banyak diterapkan dalam rekayasa untuk menganalisis distribusi tegangan, regangan, deformasi, serta faktor keamanan (safety factor). Dengan FEA, dapat diidentifikasi area kritis pada struktur yang mengalami tegangan tinggi atau deformasi berlebih, yang berpotensi menyebabkan kegagalan pada alat. Salah satu parameter penting dalam analisis ini adalah tegangan *von misses*, yang digunakan untuk memprediksi titik plastisitas material di bawah pembebanan kompleks.

Selain itu, regangan dianalisis untuk memahami sejauh mana material mengalami perubahan bentuk akibat gaya eksternal, sementara displacement menggambarkan perubahan posisi komponen akibat beban tertentu. Faktor keamanan (safety factor) juga dihitung untuk memastikan bahwa rangka alat memiliki ketahanan yang cukup terhadap beban kerja. Dengan adanya analisis ini,

alat pengukur kekakuan spring valve diharapkan dapat dioperasikan secara optimal di bengkel, meningkatkan efisiensi kerja, serta memastikan keamanan dan daya tahan alat dalam jangka panjang.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapa besar Von mises stress pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini?
2. Berapa besar strain displacement pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini?
3. Berapa besar displacement pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini?
4. Berapa besar nilai safety factor pada desain alat pengukur kekakuan spring valve motor bebek 4-tak?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dan maksud dari penulisan dan penyusun rancang bangun ini adalah:

1. Dapat mengetahui berapa besar von mises stress pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini.
2. Dapat mengetahui berapa besar strain displacement pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini.
3. Dapat mengetahui berapa besar nilai displacement pada desain alat pengukur kekakuan spring valve motor bebek 4-tak.
4. Dapat mengetahui berapa besar safety factor pada desain Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini

1. Analisis desain rangka alat ini hanya menggunakan simulasi analisis software Autodesk inventor.
2. Analisis rangka ini hanya meliputi von mises stress, strain, displacement, dan safety factor.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengantisipasi kerusakan pada rangka Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak ini.
2. Dapat mengetahui batas beban pada rangka Alat Pengukur Kekakuan Spring Valve Motor Bebek 4-tak in



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Analysis kekuatan rangka alat pengukur kekakuan *spring valve* motor bebek 4- tak terhadap beban *static* dilakukan dengan metode *finite element analysis (FEA)* berbasis *software Autodesk inventor* dengan pemberian 2 beban yaitu 3.000 N dan 40 N. Dan menghasilkan :

1. *Von misses stress*

Pada uji kekuatan dengan diberikan beban sebesar 3.000 N menunjukkan *von misses stress* maksimum sebesar 1641 MPa sementara dengan beban 40 N tegangan maksimum sebesar 21,87 MPa.

2. *Strain*

Hasil *analysis strain* menunjukan hasil simulasi pada rangka alat pengukur kekakuan *spring valve* sebesar 0,006683 ul, dengan pemberian pembebanan pada rangka sebesar 3.000 N dan dengan pembebanan 40 N menghasilkan nilai maksimum strain sebesar 0,000891 ul dengan pemberian pembebanan pada rangka sebesar 40 N.

3. *Displacement*

Dan nilai *displacement* dengan beban 3.000 N sebesar 2,144 mm sementara itu dengan beban 40 N sebesar 0,0783 mm.

4. *Safety factor*

Sementara itu nilai *safety factor* dengan beban 3.000 N diperoleh 0,13 ul, lalu dengan beban 40 N diperoleh nilai *safety factor* 9,41 ul. Hasil ini menunjukkan rangka pengukur kekakuan *spring valve* motor bebek 4-tak tidak mampu menahan beban 3.000 N sehingga memerlukan perbaikan desain dan material yang digunakan pada rangka untuk meningkatkan ketahanannya, namun untuk beban 40 N bisa dikatakan aman karena masih berada di titik minimum *safety factor* yaitu 1,5.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yang bisa dipertimbangkan:

1. Desain Rangka: Perbaikan desain rangka pada alat pengukur kekakuan *spring valve* motor bebek 4-tak perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban yang lebih tinggi, seperti 3.000 N. Penelitian dapat difokuskan pada optimalisasi bentuk dengan menambah kaki penopang menjadi empat, bukan hanya dua, agar rangka lebih kokoh dan mampu meningkatkan faktor keamanan.
2. Material Rangka: Evaluasi penggunaan material yang lebih kuat dan tebal perlu dilakukan. Pemilihan material yang lebih tebal dengan spesifikasi yang lebih baik, seperti besi berongga galvanis (*galvanic hollow*) dengan ketebalan minimal 1-2 mm, dapat digunakan. Material ini cukup kuat untuk konstruksi ringan seperti alat pengukur kekakuan *spring valve* ini. Material dengan sifat mekanik yang lebih baik juga dapat meningkatkan kinerja dan ketahanan rangka terhadap beban yang lebih besar.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fea, “ANALISIS KEKUATAN VELG ALUMINIUM ALLOY 17 INC DARI BERBAGAI DESAIN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT,” vol. 9, no. 2, pp. 33–39, 2017.
- [2] “Cook, R. D., Malkus, D. S., & Plesha, M. E. (1989). ‘Concepts and Applications of Finite Element Analysis.,’” p. 1989, 1989.
- [3] T. In-wheel, F. A. Budiman, A. Septiyanto, A. Dwi, N. Indriawan, and R. Setiadi, “Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Febrian Arif Budiman dkk / Jurnal Rekayasa Mesin,” vol. 16, no. 1, pp. 100–108, 2021.
- [4] M. Iman and E. H. Manurung, “ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA BAJA ATAP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA 2D,” vol. 6, no. 2, pp. 46–55, 2023.
- [5] S. Muddin and A. Satra, “PERANCANGAN ALAT PRESS MATERIAL KOMPOSIT MENGGUNAKAN SISTEM PNEUMATIK,” vol. 17, no. c, pp. 94–100, 2022.
- [6] I. Sungkono, H. Irawan, and D. A. Patriawan, “Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork,” pp. 575–580, 1995.
- [7] I. M. Ilyasa, I. A. Hendaryanto, and A. Winarno, “Analisis Kekuatan Struktur pada Desain Traction Rod Kereta Api Lokomotif dengan Metode Finite Element Analysis (FEA),” vol. 8, no. 2, pp. 190–199, 2024.
- [8] A. Inventor, “Perancangan dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Lipat Menggunakan Autodesk Inventor,” vol. 2, no. 2, pp. 126–135, 2018.
- [9] J. Teknik and M. Vol, “ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Bengkalis Email : arishtoteles99@gmail.com 30 Toteles , Aris , dkk .; Analisis Material Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor Machine ; Jurnal Teknik Mesin Vol . 7 No . 1 , April 2021 31 Toteles , Aris , dkk .; Analisis Material

- Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor,” vol. 7, no. 1, pp. 30–37, 2021.
- [10] M. Sultan *et al.*, “ANALISIS TEGANGAN VON MISES , DISPLACEMENT , DAN,” vol. 29, no. 1, 2024.
- [11] [11] G. R. A. Bedolla-Jacuinde, “Microstructural Evolution of Low-Carbon Steel,” vol. 527, 2010.
- [12] F. D. Saputro and D. Sutjahjo, “VARIASI MEDIA PENGKOROSI DAN WAKTU TERHADAP LAJU KOROSI PADA LOGAM BAJA RENDAH KARBON (MILD STEEL) DENGAN PEMODELAN KONDISI SIRIP KEMUDI KAPAL Faizal Dwi Saputro” 2018.
- [13] J. B. Yan, J. Y. R. Liew, M. H. Zhang, and J. Y. Wang, “Mechanical properties of normal strength mild steel and high strength steel S690 in low temperature relevant to Arctic environment,” *Mater. Des.*, vol. 61, pp. 150–159, 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2014.04.057.
- [14] E. T. Firmansjah, “Pengujian Kekakuan Gas Spring 80 N,” *J. Rekayasa Energi dan Mek.*, vol. 1, no. 1, p. 41, 2021, doi: 10.26760/jrem.v1i1.41.
- [15] E. T. Plan and S. Khandani, “Prepared by,” no. August, pp. 1–24, 2005.
- [16] Z. Arif, *Buku Ajar Mekanika Kekuatan Material.*, vol. _, no. _. 2014.
- [17] P. Studi *et al.*, “48-Article Text-161-1-10-20200923,” vol. 2, pp. 93–100, 2020.
- [18] B. J. G. James M. Gere, “Mechanics of Materials.,” 2017.
- [19] J. T. D. F. Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, “Mechanics of material. McGraw-Hill.,” 2014.
- [20] A. Pratama and D. Agusman, “Analysis Kekuatan Kontruksi Rangka Pada Perancangan Design Belt Conveyor Menggunakan Ansys Workbench,” *J. Sain dan Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–22, 2023.
- [21] S. Lubis, “Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc.Nastran V.9,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 44–53, 2019, doi: 10.30596/rmme.v2i1.3068.
- [22] R. . Hibbeler, “Engineering mechanics: Static & Dynamic. Person Education.,” 2013.