

**ANALISIS DESAIN *FRAME* KABIN ALAT BERAT CANYCOM
S25A TIPE *CRAWLER* DI PERUSAHAAN DELIMA JAYA**

SKRIPSI

ERIK HERDIANSYAH



**FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA SUKABUMI 2024**

**ANALISIS DESAIN *FRAME* KABIN ALAT BERAT CANYCOM
S25A TIPE *CRAWLER* DI PERUSAHAAN DELIMA JAYA**

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



**FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA SUKABUMI
2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ANALISIS DESAIN *FRAME* KABIN ALAT BERAT CANYCOM
S25A TIPE *CRAWLER* DI PERUSAHAAN DELIMA JAYA

NAMA : ERIK HERDIANSYAH

NIM 20200110019

“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, 10 April 2024



Erik Herdiansyah

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS DESAIN *FRAME* KABIN ALAT BERAT CANYCOM
S25A TIPE *CRAWLER* DI PERUSAHAAN DELIMA JAYA

NAMA : ERIK HERDIANSYAH

NIM ; 20200110019

Skripsi Ini Telah Diujikan Dan Dipertahankan Di depan Dewan Penguji Pada Sidang Skripsi Tanggal 10 April 2024 Menurut Pandangan Kami, Skripsi Ini Memadai Dari Segi Kualitas Untuk Tujuan Penganugerahan Gelar Sarjana Teknik Mesin.

Sukabumi 2024

Pembimbing Utama

Dosen Penguji 1

Ir. Fabrobi Fazlur Ridha B, Eng., M.T

NIDN. 0406029002

Dosen Penguji 2



Zaid Sulaiman S.T., M.T

NIDN: 0410109701

Ketua program studi teknik mesin

Ir. Dani Mardiyana, S.Pd, MT.

NIDN. 0415039402

Lazuardi Akmal Islami M.Si

NIDN: 0415039402

Plh Dekan Fakultas *Engineering Computer
and Desain* (FECD)

Prof. Dr.Ir.H. Koesmawan, M.Sc.MBA.DBA

NIDN. 0014075205

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk diri sendiri



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 DESAIN CABIN ALAT BERAT CANYCOM S25A TIPE CRAWLER DI PERUSAHAAN DELIMA JAYA” 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 ayahku “Herdi” dan ibu ku “Ernawati” yang telah memberi bantuan dari segi materi dan do’a.
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
4. Bapak Ir. Fabrobi Fazlur Ridha, B.Eng., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini
5. Bapak Lazuardi Akm dan bapak Zaid Sulaiman S.T., M. T Selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk penelitian yang telah dilakukan
6. Teman-teman teknik mesin kelas TM 20A dan HMM Nusa Putra, peneliti ucapkan terimakasih yang telah terlibat dalam penlitian 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 amin yaarobbal alamin.

Sukabumi 10 Juni 2024

Erik Herdiansyah

ABSTRACT

The heavy equipment industry plays an important role in supporting the construction, mining, and agricultural sectors. Equipment such as crawlers, which are designed to operate in difficult terrain, require strong and safe components for operators. The cabin of heavy equipment is a key component that must be designed for comfort, safety, and operational efficiency. This study aims to design and analyze the cabin of CANYCOM S25A heavy equipment at Delima Jaya Company, with a focus on improving operator safety and comfort according to international standards. After analyzing the CANYCOM S25A cabin frame that failed when receiving a load of 1 ton, it was found that the damage occurred at the welded joints in the frame. The stress at this point reached 1,699 MPa, exceeding the elastic limit of SS400 material of 235 MPa, which caused plastic deformation or permanent shape change. In the dynamic analysis simulation of the impact of 25 kg of palm fruit, the diagram shows the variation of Von Mises stress at several nodes. Node 1 (orange line) recorded the highest stress, reaching a peak of 653.395 MPa in the first 1-3 seconds, indicating that this area was highly affected by the impact. The blue (X) and light blue (Y4) lines show fluctuating stresses between 100-300 MPa, while Nodes Y2 (gray) and Y3 (yellow) have low stresses below 50 MPa, indicating areas that are less impacted by the impact. These stress fluctuations continue until the end of the simulation (around 8 seconds), reflecting the dynamic impact of the impact on the cabin structure.

Keywords: CANYCOM Cabin Frame, Solidworks Analysis, Static Test, Non-Linear Dynamic Test

ABSTRAK

Industri alat berat memiliki peran penting dalam mendukung sektor konstruksi, pertambangan, dan pertanian. Peralatan seperti crawler, yang didesain untuk beroperasi di medan sulit, memerlukan komponen yang kuat dan aman bagi operator. Kabin alat berat adalah komponen utama yang harus dirancang untuk kenyamanan, keamanan, dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan desain dan menganalisis kabin alat berat Canycom S25A di Perusahaan Delima Jaya, dengan fokus pada peningkatan keselamatan dan kenyamanan operator sesuai standar internasional. Setelah menganalisis rangka kabin Canycom S25A yang mengalami kegagalan saat menerima beban 1 ton, ditemukan bahwa kerusakan terjadi pada sambungan las di *frame*. Tegangan di titik ini mencapai 1.699 MPa, melebihi batas elastis material SS400 sebesar 235 MPa, yang menyebabkan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen. Dalam simulasi analisis dinamis terhadap benturan buah sawit seberat 25 kg, diagram menunjukkan variasi tegangan Von Mises di beberapa node. Node 1 (garis oranye) mencatat tegangan tertinggi, mencapai puncak 653,395 MPa pada 1-3 detik pertama, menunjukkan area ini sangat terpengaruh oleh benturan. Garis biru (X) dan biru muda (Y4) menunjukkan tegangan yang berfluktuasi antara 100-300 MPa, sedangkan Node Y2 (abu-abu) dan Y3 (kuning) memiliki tegangan rendah di bawah 50 MPa, menunjukkan area yang kurang terdampak benturan. Fluktuasi tegangan ini terus berlangsung hingga akhir simulasi (sekitar 8 detik), mencerminkan dampak dinamis benturan pada struktur kabin.

Kata kunci: *Frame* Cabin Canycom, Analisis Solidworks, Uji *Static*, Uji Dinamik Non-Linear

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penelitian	2
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kendaraan Alat Berat	4
2.2 Teori Dasar Rangka	5
2.3 Metode Desain CAD	11
2.4 Teori Dasar Finite Elemen Analisis	11
2.5 SolidWorks	13
2.6 <i>Static Analisis</i>	14
2.7 <i>Stress Analisis</i>	17
2.8 <i>Strain Analisis</i>	18
2.9 <i>Displacement Analisis</i>	19
2.10 <i>Safety Factor</i>	20
2.11 Dinamik Analisis	21
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	25
3.1 Diagram Alir.....	25

3.2 Study Literatur.....	25
3.3 Proses pengukuran base.....	26
3.4 Pembuatan Gambar Desain 2D dan 3D.....	26
3.5 Pemilihan Material	26
3.4 Uji Statis Dengan Metode Uji Kekuatan <i>Frame</i>	27
3.5 Uji Dinamik Dengan Metode Uji Kekuatan <i>Frame</i>	30
3.6 Analisis Data.....	32
3.7 Metode Pengumpulan Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Proses Perencanaan Pembuatan Kabin	34
4.2 Simulasi Model Menggunakan <i>SolidWorks</i>	37
4.3 Proses Perancangan kabin.....	38
4.4 Analisis Dan Validasi	Error! Bookmark not defined.
4.5 Analisis Menggunakan SolidWorks	42
4.6 Hasil Analisis Kekuatan Menggunakan <i>SolidWorks</i>	42
4.7 Uji Analisis Beban Dinamik.....	51
4.8 Hasil Analisis Uji Dinamik Menggunakan SolidWorks.....	52
4.9 Pembahasan Analisis Dinamik	57
BAB V PENUTUPAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Frame</i> Ladder [10].....	7
Gambar 2. 2 Tubular <i>Frame</i> [12]	8
Gambar 2. 3 Monoocoque Chassis[14]	9
Gambar 2. 4 Backbone Chassis[16]	10
Gambar 2. 5 Aluminium Chassis[18]	11
Gambar 2. 6 Safety factor roll cage kabin rally [24]	15
Gambar 2. 7 Roll cage front deformation [25]	16
Gambar 2. 8 Roll cage bump deformation	16
Gambar 2. 9 Roll cage bump deformation [25]	16
Gambar 2. 10 Analisis dinamik non Linear [32]	23
Gambar 3.1 Diagram Alir	25
Gambar 3. 2 Menentukan studi baru	27
Gambar 3. 3 Menentukan material pada solidworks	28
Gambar 3. 4 Penerapan Beban Pada <i>frame</i> kabin	29
Gambar 3. 5 Hasil Mesh Generation kabin	29
Gambar 3. 6 Menjalankan Simulasi	30
Gambar 4. 1 Metode Desain PT. Delima jaya	34
Gambar 4. 2 <i>Frame</i> Yang Di Beri Beban	43
Gambar 4. 3 Menunjukkan Hasil Analisis Tegangan kabin	44
Gambar 4. 4 Titik stress maksimum uji statis	44
Gambar 4. 5 Titik stress maksimum uji statis	44
Gambar 4. 6 Hasil Analisis Regangan <i>frame</i> kabin	45
Gambar 4. 7 Hasil Titik Regangan Maksimum	45
Gambar 4. 8 Hasil Titik Regangan Maksimum	46
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Displacement <i>Frame</i> Kabin.	46
Gambar 4. 10 Titik Maksimum Displacement	47
Gambar 4. 11 Titik Maksimum Displacement	47
Gambar 4. 12 Hasil Analisis Safety of Factor kabin.	47

Gambar 4. 13 Titik Minimum Safety of Factor kabin.	48
Gambar 4. 14 Hasil Analisis Beban Maksimum <i>frame</i> cabin	49
Gambar 4. 15 Hasil Analisis Static <i>frame</i>	49
Gambar 4. 16 Hasil Tegangan Dinamik	53
Gambar 4. 17 Hasil Regangan dinamik.....	54
Gambar 4. 18 Hasil displacement dinamik	54
Gambar 4. 19 Pergerakan Node.....	55
Gambar 4. 20 Diagram Respon Non-Linea.....	56
Gambar 4. 21 Titik kritikal tegangan.....	57
Gambar 4. 22 Titik kritikal regangan	58
Gambar 4. 23 Titik kritikal displacement yang terkena beban.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Material SS400 [37].....	40
--	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri alat berat memainkan peran penting dalam mendukung sektor-sektor vital seperti konstruksi, pertambangan, dan pertanian. Peralatan seperti crawler, yang dirancang untuk beroperasi di medan sulit, membutuhkan komponen-komponen yang tidak hanya tahan lama tetapi juga aman bagi operator nya. Kabin alat berat, sebagai salah satu komponen utama, berfungsi sebagai ruang kerja operator yang harus dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi operasional [1].

Perusahaan Delima Jaya, sebagai salah satu produsen alat berat yang telah lama beroperasi di Indonesia, terus berupaya untuk meningkatkan kualitas dan desain produk mereka guna memenuhi standar keselamatan internasional. Dalam hal ini, desain kabin untuk alat berat tipe canycom S25A menjadi fokus utama. Kabin alat berat ini harus mampu melindungi operator dari kondisi eksternal yang keras serta memenuhi standar ergonomi yang tinggi untuk memastikan kenyamanan selama pengoperasian jangka panjang.

Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan analisis desain kabin secara mencakup evaluasi menyeluruh terhadap kekuatan struktur, distribusi tegangan, dan ketahanan terhadap kondisi operasional ekstrem untuk memastikan keamanan operator dan daya tahan kabin. Kekuatan struktur perlu diuji dengan simulasi untuk memastikan material seperti baja SS400 mampu menahan beban tanpa deformasi signifikan. Analisis distribusi tegangan membantu mengidentifikasi konsentrasi tegangan pada titik-titik kritis, yang berpotensi menyebabkan keretakan. Selain itu, ketahanan terhadap kondisi ekstrem, seperti benturan dari objek jatuh di lapangan, diuji melalui simulasi uji jatuh untuk mengukur respons kabin terhadap beban dinamis dan statis. Dengan demikian, analisis ini tidak hanya melindungi operator, tetapi juga memperpanjang umur kabin dan menghemat biaya perawatan [2].

Dengan menerapkan metode desain dan analisis yang tepat, penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman terhadap efektivitas dan kinerja struktur tubular dalam konteks kendaraan alat berat. Penggunaan perangkat lunak simulasi seperti solidworks akan memungkinkan untuk menguji kekuatan dan ketahanan *frame* secara virtual, sehingga meminimalkan risiko dalam tahap pengembangan produk.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan yang lebih mendalam tentang potensi penggunaan struktur tubular dalam desain *frame* kendaraan alat berat, serta memberikan kontribusi terhadap perkembangan industri di Indonesia dan keselamatan internasional.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang ditemukan beberapa permasalahan yang muncul dalam penelitian ini. Maka rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat perencanaan pembuatan desain kabin kendaraan alat berat tipe *crawler Canycom S25A* Di PT. Delima Jaya Group.
2. Bagaimana membuat perancangan kabin kendaraan alat berat tipe *crawler Canycom* di PT Delima Jaya Group.
3. Dapat menganalisis *frame* kabin alat berat dengan uji kekuatan dan uji *impact Frame Canycom* menggunakan *software SolidWorks*.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat desain *frame* kabin alat berat CANYCOM di perusahaan PT Delimajaya.
2. Mengetahui proses perancangan kabin alat berat canycome tipe *crawler Canycom* di PT Delima Jaya Group.
3. Dapat mengetahui ketahanan *frame* terhadap beban *static* dan *impact* dengan menggunakan metode uji kejatuhan dinamik berbasis software Solidworks.

1.4 Batasan masalah

Agar pembahasan ini berjalan sebagaimana yang di harapkan dan tidak meluas, maka batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. *Software* desain dan simulasi kekuatan yang digunakan adalah Solidworks.
2. Fokus penelitian adalah pada pembuatan dan pengujian desain *frame* cabin kendaraan alat berat
3. Penelitian ini tidak melibatkan pengujian fisik pada prototipe kendaraan.
4. Hasil uji kejatuhan terbatas hanya pada *stress*, *strain*, *deformation* dan *safety factor*.

1.5 Manfaat penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Mengetahui titik kelemahan desain *frame* cabin alat berat Canycom S25A.
2. Dapat mengetahui ketahanan *frame* terhadap kerusakan dengan menggunakan metode uji *static* dan dinamik berbasis software.



BAB II

PENUTUPAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT DELIMA JAYA dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses perancangan meliputi beberapa langkah: pertama analisis kebutuhan customer, kedua survei kebutuhan kabin dan yang ketiga pembuatan model menggunakan *software*, ke empat analisis kekuatan *frame* kabin.
2. Proses perancangan meliputi yang pertama proses pemilihan bahan untuk *frame* kabin yaitu menggunakan pipa SS400, Kedua proses roll pipa menggunakan mesin roll, Ketiga pemotongan setelah pipa selesai di roll kemudian dilakukan pemotongan sesuai rancangan. Keempat assembly yaitu pipa yang sudah dipotong dilakukan proses pengelasan dan terakhir proses finishing.
3. Hasil uji beban *static* menunjukkan bahwa frame mengalami tegangan sebesar 55,4 MPa, regangan 0,0002, displacement 5 8,4 mm, dan safety factor 4,24 saat diberi beban 25 kg, dinyatakan aman frame karena melebihi nilai standar safety factor sebesar 1,5 , beban maksimal yang dapat ditahan frame untuk mendapatkan safety factor 1,5 adalah 160 kg. Pada uji impact dinamik dengan beban kejatuhan 25 kg dari ketinggian 12 meter, tegangan yang terjadi sebesar 653 MPa, regangan 0,0002, dan displacement 2,2 mm, menunjukkan bahwa frame lebih tahan terhadap beban dinamis. Desain frame perlu ditingkatkan dengan material yang lebih kuat atau modifikasi struktural untuk memastikan keamanan operasional.

5.2 Saran

1. Perubahan desain frame cabin agar lebih kuat.
2. Penambahan frame atas agar lebih kuat dan aman.
3. Perubahan material yang lebih kuat dari SS400 agar tanmah lebih kuat disaat terjadinya kejadian kejadian yang mencelakaakan oprator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. B. Giarto, M. Eng, E. H. Pongtuluran, and M. Eng, “Analisa produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan badan jalan pada proyek pembangunan jalan tol balikpapan – samarinda sta 8+865 – 8+925,” *J. Tugas Akhir Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2020, [Online]. Available: <http://ojsmhs.poltekba.ac.id/ojs/index.php/jutateks/article/view/279%0Ahttps://lens.org/056-040-239-783-974>
- [2] A. Wijaya, F. Alami, and R. Widyawati, “Analisis kelayakan struktur baja bangunan pabrik terhadap getaran mesin,” *REKAYASA J. Ilm. Fak. Tek. Univ. Lampung*, vol. 26, no. 1, pp. 9–13, 2022, doi: 10.23960/rekrjits.v26i1.55.
- [3] S. I. Asigigan and Y. Samur, “The effect of gamified stem practices on students’ intrinsic motivation, critical thinking disposition levels, and perception of problem-solving skills,” *Int. J. Educ. Math. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 332–352, 2021, doi: 10.46328/IJEMST.1157.
- [4] R. Adolph, *PRIVATISASI TRANSMIGRASI DAN KEMENTRIAN PLASMA MENOPANG INDUSTRI SAWIT*. 2016.
- [5] E. Siswoko, A. Mulyadi, Thamrin, and Bahruddin, “Pendugaan Kandungan Karbon Limbah Batang Pohon Kelapa Sawit Peremajaan Kebun Di Provinsi Riau,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 11, no. 2, pp. 154–164, 2017.
- [6] Safety Sign Indonesia, “K3 Perkebunan: 5 Potensi Bahaya di Perkebunan Kelapa Sawit dan Upaya Pencegahannya,” *safety article*, 2021.
- [7] N. Haworth and S. Hughes, *The International Labour Organization*. 2012. doi: 10.4337/9781849807692.00014.
- [8] and H. Y. V. Francis, R. K. Rai, A. K. Singh, P. K. Singh, “Structural Analysis of Monocoque Chassis with and without a B-Pillar,” vol. 4, no. 8, 2014.
- [9] T. Kristyadi, “PENGEMBANGAN KENDARAAN LISTRIK SERGAP SENYAP UNTUK Mendukung Industri Pertahanan Nasional,” 2021.
- [10] F. Pratomo, “Mengenal Jenis Sasis Mobil: Monokok VS Ladder *Frame*,” *Carro*, 2021. <https://carro.id/blog/berita/mengenal-jenis-sasis-mobil-monokok-vs-ladder-frame/5669/>
- [11] JULIANDI, “Jenis - Jenis Chasis Kerangka (*Frame*) Yang Digunakan Pada Kendaraan Mobil,” 2018.
- [12] RichardReine, “The Isetta Saga, Chapter 10: The Rolling Chassis Debut,” 2018.

- [13] D. Rika Widianita, *STATIC STRUCTURAL ANALYSIS PADA CHASSIS SEMI-MONOCOQUE BUS LISTRIK MEDIUM*, vol. VIII, no. I. 2023.
- [14] J. Farabi, "The Design and Analysis of Multiple Monocoque Chassis for Formula Student (FS) racecar," *Int. J. Mechatronics Automot. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–32, 2021, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/362943871>
- [15] D. A. Crolla, "Automotive engineering: powertrain, chassis system and vehicle body," 2009.
- [16] P. D. P. E. Pfeffer, *8th International Munich Chassis Symposium 2017*. 2017.
- [17] HAJAR ISWORO, "PEMODELAN ANALISIS PENGARUH TINGGI MAIN ROLL HOOP TEGANGAN DAN DISPLACEMENT PADA MOBIL FORMULA STUDENT AUTOMOTIVE ENGINEERING," vol. 11, no. 1, pp. 92–105, 2017.
- [18] Miguel, "Intensive use of aluminium in car body construction," no. April, 2016.
- [19] H. Rudolph, R. G. Luthardt, and M. R. Graf, "Computer aided design/computer aided manufacturing," *Freie Zahnarzt*, vol. 59, no. 7–8, pp. 62–72, 2015, doi: 10.1007/s12614-015-5448-7.
- [20] K. J. BATHE, "FINITE ELEMENT PROCEDURE," *Klaus-Jurgen Bathe, 2006*, 2006.
- [21] W. Hadipratomo, "Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga," vol. 1, pp. 1–171, 2005.
- [22] S. J. Azra and A. F. Yaninda, "CAD Systems Dalam Menggambar Teknik," *J. Optimasi Sist. Ind.*, pp. 1–3, 2017, [Online]. Available: <http://josi.ft.unand.ac.id/>
- [23] ..., H. Ambarita, E. N. Sudiro, A. Riman, E. Jobiliong, and ..., "Jurnal Ilmiah Teknik Mesin," vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2014.
- [24] Y. Chandra, "Design, Analysis and Optimization of a BAJA-SAE Frame," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 617–626, 2018, doi: 10.21275/SR20208233756.
- [25] S. Garg and R. S. Raman, "Static Analysis of Roll Cage," *Certif. J.*, vol. 9001, no. 2, pp. 258–261, 2014, [Online]. Available: www.ijetae.com
- [26] R. F. Ramadhana, *Analisis Pembebanan Pada Desain Chassis Prototype Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019*. 2024.
- [27] H. Isworo, "Mekanika Kekuatan Material I," *Buku Ajar*, pp. 19–22, 2018.
- [28] D. Zebua, "Analisis Displacement Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Rumah Sakit," *J. Penelit. Jalan dan Jemb.*, vol. 3, no. 1, 2023, doi:

10.59900/ptrkjj.v3i1.133.

- [29] R. L. Mott, *Machine Elements in Mechanical Design*. Pearson/Prentice Hall, 2004.
- [30] INDRA RAJ SUWEDA, “MEMAHAMI APA ITU ANALISIS DINAMIK STRUKTURAL,” *INDRA RAJ SUWEDA*, 2022.
- [31] F. Ashar Uriansyah and dan Fatkur Rhohman, “Dinamic Simulation Solidworks Pada Perancangan Mesin Brush Sander,” vol. 24, no. 1, pp. 15–19, 2024.
- [32] Ryan Navarro, “No TitleNonlinear Analysis in SOLIDWORKS Simulation,” 2020.
- [33] I. Irwansyah, “Pengukuran adalah penentuan entitas, ukuran atau kapasitas, umumnya terkait dengan standar atau unit pengukuran. Selanjutnya, pengukuran juga dapat diartikan sebagai penomoran atribut. Pengukuran yaitu untuk menentukan besaran, ukuran, atau kapasitas, dan ,” *Lensa*, vol. 15, no. 2, pp. 46–52, 2021.
- [34] H. A. W. Satrio, A. Widodo, and O. Kurdi, “Analisis Dinamis *Frame* Sepeda Lipat,” *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 1, pp. 1–4, 2023.
- [35] N. Luco, Y. Mori, Y. Funahashi, C. A. Cornell, and M. Nakashima, “Evaluation of predictors of non-linear seismic demands using ‘fishbone’ models of SMRF buildings,” *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, vol. 32, no. 14, pp. 2267–2288, 2003, doi: 10.1002/eqe.331.
- [36] rohm, “ISO 26262 : Functional Safety Standard for Modern Road Vehicles,” p. 15, 2020.
- [37] B. J. G. James M. Gere, *Mechanics of Materials*. 2008.
- [38] E. Herdiansyah, “Desain Kabin Alat Berat Tipe Crawler CANYCOM S25A Di Perusahaan Delima Jaya,” pp. 1–6, 2024.
- [39] S. J. STEEL, “Spesifikasi Plat A36 Dan SS400,” 2021.
- [40] Robert L. Mott, *Machine Elements in Mechanical Design*, 4th, berilus ed. University of California, 2004.
- [41] T. Mulyanto and A. D. Sapto, “Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks,” *Presisi*, vol. 18, no. 2, pp. 24–29, 2017.