

**PERANCANGAN DESAIN DAN SIMULASI
RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK PROTETRIK 72**

TUGAS AKHIR

Karya tulis adalah salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana dari universitas fajar

Oleh:

Nama : Muh Harun S

NIM : 1820521045



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS FAJAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DESAIN DAN SIMULASI
RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK PROTETRIK 72**

Oleh:

Nama : Muh Harun S

NIM : 1820521045

Menyetujui,
Tim Pembimbing
Makassar, 20 Oktober 2022

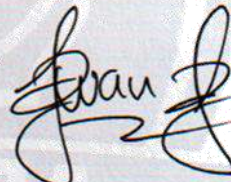
Pembimbing 1



Dr. Asmeati, S.T., M.T.

NIDN: 0901077405

Pembimbing 2



Irwan Paserangi, S.Pd., M.T.

NIDN: 0021118305

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Fajar



Dr. Erniati, S.T., M.T.

NIDN: 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Fajar



Yanti, S.Pd. M.T.

NIDN: 0926048303

PERNYATAAN ORISINILITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir:

“Perancangan Desain Dan Simulasi Rangka Sepeda Motor Listrik Prototrik 72” adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar

Makassar, 17 Oktober 2022

Yang Menyatakan



Muh Harun S

ABSTRAK

Perancangan Desain Dan Simulasi Rangka Sepeda Motor Listrik Protetrik 72. Muh Harun S. Perkembangan industri sepeda motor yang sekarang sudah mulai mempertimbangkan faktor emisi gas buang yang tidak ramah lingkungan serta penggunaan BBM yang pada saat ini memiliki harga yang terbilang cukup tinggi oleh karena itu telah mulai diciptakan motor listrik. Dalam memenuhi kebutuhan motor listrik dengan melihat faktor keamanan pada penggunaan rangka dengan membuat desain kemudian melakukan simulasi terhadap kekuatan rangka. Dalam penelitian ini menggunakan software solidworks untuk melakukan simulasi pembebanan pada rangka motor protetrik 72. Setelah dilakukan simulasi pada rangka yang telah didesain dengan titik pembebanan baterai 15 kg dengan FOS min 45.5, titik pembebanan satu orang berat 63 kg dengan FOS min 11.457, titik pembebanan dua orang dengan berat 126 kg dengan FOS min 9.520 dan titik pembebanan keseluruhan dengan berat 141 kg dengan FOS min 9.614. Nilai FOS minimum disetiap percobaan simulasi pembebanan masih >1 yang menandakan bahwa desain rangka aman untuk digunakan dengan yield strength sebesar 6.204 N/m².

Kata Kunci: Rangka, Simulasi, Solidworks, Faktor Keamanan, Tegangan, Deformasi

ABSTRACT

Design And Simulation Electric Motorcycle Frame Protetrik 72. Muh Harun S. The development of the motorcycle industry which is now starting to consider the exhaust emission factors that are not environmentally friendly and the use of fuel which currently has a fairly high price, therefore electric motorcycles have been created. In meeting the needs of electric motors by looking at the safety factor in the use of the frame by making a design and then simulating the strength of the frame. In this study, solidworks software was used to simulate the loading on the motor frame protetrik 72. After the simulation was carried out on the designed frame with a battery loading point of 15 kg with FOS min 45.5, loading point for one person weighing 63 kg with FOS min 11,457, loading point for two a person weighing 126 kg with a min FOS of 9,520 and an overall loading point weighing 141 kg with a min FOS of 9,614. The minimum FOS value in each loading simulation experiment is still >1 which indicates that the frame design is safe to use with a yield strength of 6.204 N/m^2 .

Keywords: Frame, Simulation, Solidworks, Safety Factor, Stress, Deformation

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan kewajiban sebagai mahasiswa Teknik Mesin yaitu pembuatan Tugas Akhir.

Penyusunan Tugas Akhir ini juga merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Adapun tugas akhir ini dibuat dengan harapan penulis dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang dimiliki serta dapat menambah wawasan baik itu kepada penulis maupun kepada para pembaca guna menambah wawasan khususnya dibidang teknik mesin.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah membantu dan mendukung penulis mulai dari proses penyusunan sampai dengan pengurusan administrasi. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Orang Tua Penulis yang senantiasa memberi dukungan materil maupun non-materil, semangat, nasehat serta do'a yang menyertai penulis.
2. Ibu Dr. Erniati, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
3. Ibu Yanti, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar.
4. Ibu Dr. Asmeati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak membantu memberikan arahan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Irwan Paserangi, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang juga telah banyak memberikan arahan selama proses penyusunan tugas akhir ini
6. Seluruh Dosen Universitas Fajar yang telah memberikan ilmu pengetahuan didalam ruang perkuliahan.
7. Seluruh Dosen program studi teknik mesin yang selalu memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman serta ruang diskusi selama masa studi.

8. Kak Mamat yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan pengetahuan serta arahan dalam pengerjaan tugas akhir.
9. Kakanda Zulfahmi Noer, S.T., M.T. yang selalu memberikan motivasi dan ruang diskusi selama penyusunan tugas akhir.
10. Kakanda Sulaiman, S.T. yang senantiasa memberikan pendampingan kepada penulis selama melakukan penelitian.
11. Dian Nofita yang senantiasa membantu selama pelaksanaan penelitian.
12. Tim Motor Listrik Prototrik 72 yaitu Farensyah Fantosa, Muh Arief S dan Faizul Amin yang selalu kebersamai dalam bahagia maupun dalam suka duka penyusunan tugas akhir ini.
13. Seluruh organisasi, khususnya HMM FT-UNIFA, HIPMA GOWA, IPPB dan lainnya, yang telah memberikan banyak ruang untuk belajar dan mengembangkan pengetahuan sehingga penulis bisa sampai ketitik penyusunan tugas akhir ini
14. Teman-teman mahasiswa khususnya angkatan 2018 teknik mesin Universitas Fajar yang telah memberikan dukungan serta semangat kepada penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun, demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap dengan adanya penyusunan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Makassar, 17 September 2022

Penyusun
Muh Harun S

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINILITAS.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Perancangan.....	4
2.2. Sepeda Motor Listrik.....	5
2.3. Rangka/Chasis	6
2.3.1. Jenis Rangka Sepeda Motor Berdasarkan Model	8
2.3.2. Jenis Rangka Berdasarkan Material Pada Sepeda Motor	9
2.3.3. Suspensi Depan Jenis Telescopic Fork.....	11
2.3.4. Swing Arm.....	12
2.3.5. Rangka Sepeda Motor Metik	12
2.4. Komputer.....	13
2.5. Desainer.....	14
2.6. Simulasi	14
2.6.1. Komponen Simulasi Kekuatan Struktur	15

2.7. Analisis Titik Berat Dan Momen	16
2.8. Dasar-Dasar Perhitungan Rangka	17
2.9. Solidworks	17
2.9.1. Fungsi Solidworks	19
2.10. Berat Tubuh Orang Dewasa	20
2.11. Baterai Li – ion 72v	20
2.12. Parameter Simulasi Kekuatan Struktur	21
2.12.1. Tegangan.....	21
2.12.2. Displacement	23
2.12.3. Faktor Keamanan	23
2.13. Penelitian Terdahulu.....	25
2.13.1. Penelitian oleh Muhammad Ari Hidayat, dkk pada tahun 2022.....	25
2.13.2. Penelitian oleh Agung Dwi Sapto dan Irvan Septyan Mulyana	26
2.12.3. Penelitian oleh A. Suwandi, dkk pada tahun 2018	27
2.13.4. Penelitian oleh Ali Sadikin pada tahun 2013.....	28
2.13.5. Penelitian oleh Sulaiman pada tahun 2022	29
2.13.6. Hasil Penelitian Lasinta Ari Nendra Wibawa (2019)	30
2.13.7. Hasil Penelitian Gilang Triandi (2019).....	30
2.13.8. Penelitian oleh Sri Poernomo Sari & Puguh Santoso (2014)	31
BAB III	33
METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1. Waktu Dan Tempat	33
3.1.1. Waktu Penelitian.....	33
3.1.2. Tempat	34
3.2. Alat Dan Bahan	34
3.3. Metode Penelitian.....	34
3.3.1. Pembuatan desain rangka motor listrik.....	34
3.3.2. Simulasi kekuatan rangka sepeda motor listrik	34
3.4. Metode Pengumpulan Data	34
3.5. Analisis Data	35
3.6. Diagram alir Penelitian.....	35

BAB IV	37
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Hasil.....	37
4.1.1. Desain Rangka Sepeda Motor Protetrik 72.....	37
4.1.2. Hasil Simulasi Rangka Sepeda Motor Protetrik 72	43
4.2. Pembahasan	56
4.2.1. Tegangan / Stress	56
4.2.2. Deformasi / Displacement	57
4.2.3. Regangan / Strain.....	57
BAB V.....	60
PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel berat badan berdasarkan kelompok umur	20
Tabel 3. 1. Jadwal Kegiatan	33
Tabel 4. 1. Titik Pembebanan Baterai	44
Tabel 4. 2. Titik pembebanan satu orang	47
Tabel 4. 3. Titik pembebanan dua orang	50
Tabel 4. 4. Titik pembebanan keseluruhan	53
Tabel 4. 5. Tegangan / stress	56
Tabel 4. 6. Deformasi / displacement	57
Tabel 4. 7. Regangan / Strain	58
Tabel 4. 8. Faktor Keamanan / Factor Of Safety	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Front Fork.....	12
Gambar 2. 2. Swing Arm	12
Gambar 2. 3. Rangka Sepeda Motor Metik	13
Gambar 2. 4. Interface Solidworks 2013	18
Gambar 2. 5. Baterai Li-Ion 72 v	21
Gambar 4. 1. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan baterai.....	44
Gambar 4. 2. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan baterai	45
Gambar 4. 3. Hasil uji regangan pada titik pembebanan baterai	46
Gambar 4. 4. FOS pada titik pembebanan baterai	47
Gambar 4. 5. Hasil uji tegangan pada titik beban satu orang.....	48
Gambar 4. 6. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan satu orang	48
Gambar 4. 7. Hasil uji regangan pada titik pembebanan satu orang.....	49
Gambar 4. 8. FOS pada titik pembebanan satu orang.....	50
Gambar 4. 9. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan dua orang.....	51
Gambar 4. 10. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan dua orang	52
Gambar 4. 11. Hasil uji regangan pada titik pembebanan dua orang	52
Gambar 4. 12. FOS pada titik pembebanan dua orang	53
Gambar 4. 13. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan keseluruhan	54
Gambar 4. 14. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan keseluruhan.....	55
Gambar 4. 15. Hasil uji regangan pada titik pembebanan keseluruhan	55
Gambar 4. 16. FOS pada titik pembebanan keseluruhan	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan merupakan sarana transportasi yang sangat mempengaruhi kehidupan manusia saat ini. Kendaraan dengan fungsi yang berbeda-beda membuat masyarakat dapat bebas memulih sesuai dengan kebutuhannya masing-masing. Dengan melihat suasana kota yang semakin padat dan semakin banyaknya pengguna kendaraan, mulai dari kendaraan yang digunakan untuk keperluan perseorangan maupun untuk keperluan pekerjaan. Dalam penggunaan kendaraan roda dua pada umumnya ada yang digunakan sebagai sarana olahraga yaitu sepeda dan tidak sedikit yang menggunakan kendaraan roda dua berupa sepeda motor sebagai kendaraan utama untuk mendukung aktivitas sehari-hari.

Dengan mengikuti perkembangan zaman, kendaraan roda dua telah ditemukan dengan berbagai macam sistem penggerak mekanik. Mulai dari kendaraan roda dua dengan sistem penggerak mekanik dari tenaga manusia, sepeda motor dengan mesin bensin dan juga pernah ada sepeda motor dengan menggunakan mesin diesel.

Merujuk kepada sepeda motor dengan penggerak yang menggunakan mesin berbahan bakar minyak kini mulai menjadi pertimbangan dalam penggunaannya. Penggunaan sepeda motor yang semakin meningkat juga berdampak pada penggunaan bahan bakar minyak yang tentunya akan membuat persediaan terus menerus berkurang.

Penggunaan sepeda motor berbahan bakar minyak juga mulai dipertimbangkan dalam hal pembuangan sisa pembakaran yang akan menimbulkan polusi terhadap lingkungan.

Untuk mengatasi pencemaran lingkungan oleh emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor telah mulai diciptakan sepeda motor dengan tenaga penggerak motor listrik yang bermula sejak abad ke-19, tepatnya 19 September 1895, permohonan paten untuk sepeda listrik diajukan oleh Ogden Bolton Jr. dari

Canton, Ohio. Pada 8 November di tahun yang sama, permohonan paten lain untuk "sepeda listrik" juga diajukan oleh Hosea W. Libbey dari Boston. (Patrick, 2021)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh I Pt Agus Surya Adi P, dkk., 2021 telah meninjau secara sistematis perkembangan sepeda dan motor listrik di Indonesia. Survei online yang dilakukan pada tahun 2021 menghasilkan data base sepeda listrik dan sepeda motor listrik sebanyak 110 buah. Tipe sepeda listrik dan sepeda motor listrik yang beredar di Indonesia 58% adalah kendaraan roda 2 yang sebagian besar atau 57% sudah diproduksi di dalam negeri yang membuktikan kemampuan industri dalam negeri sudah meningkat baik dalam kemampuan desain maupun komersialisasi kendaraan listrik.

Kebutuhan kendaraan ramah lingkungan membuat inovasi peralihan dari sepeda motor bensin menjadi motor listrik meningkat. Sepeda motor bensin dan listrik memiliki komponen yang hampir sama, perbedaan terletak pada mesin sehingga diperlukan sedikit penyesuaian pada bagian rangka. Perancangan dan pengujian rangka diperlukan untuk memastikan rangka dapat digunakan dengan aman (Hastuti et al., 2022)

Untuk ikut serta dalam persaingan dunia industri, mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar telah siap dalam pengembangan teknologi, khususnya terkait sepeda motor listrik. Dengan melihat perkembangan motor listrik yang telah dibuat dengan rancangan yang rata-rata bergantung pada penggunaan spesifikasi dan jenis baterai serta motor penggerak. Maka dari itu mahasiswa teknik mesin dalam membuat motor listrik akan mulai mempertimbangkan jenis bahan dan kekuatan pada rangka guna menciptakan rasa aman ketika mengendarai sepeda motor listrik yang akan dibuat.

Dalam perancangan desain rangka sepeda motor listrik akan dilakukan menggunakan aplikasi solidworks agar mempermudah dalam perancangan desain motor listrik yang akan dibuat. Dengan demikian peneliti bermaksud untuk mengangkat penelitian dengan judul **“Perancangan Desain Dan Simulasi Rangka Sepeda Motor Listrik Prototrik 72”**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang didapatkan yaitu

- a. Bagaimana cara mendesain rangka sepeda motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks?
- b. Bagaimana hasil simulasi dari rangka sepeda motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui cara mendesain rangka sepeda motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks
- b. Mengetahui hasil simulasi dari rangka sepeda motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks

1.4. Batasan Masalah

Untuk menentukan arah dan fokus penelitian, maka batasan masalah penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Penelitian hanya fokus pada tahapan pembuatan desain rangka sepeda motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks
- b. Penelitian ini berupa simulasi desain rangka motor listrik protetrik 72 menggunakan software Solidworks
- c. Penelitian ini hanya berupa simulasi pembebanan terhadap desain rangka motor listrik protetrik 72

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perancangan

Untuk menghasilkan desain yang baik dalam perancangan desain, dibutuhkan serangkaian kegiatan berupa perencanaan maupun pengembangan desain, mulai dari tahap penggalan ide, analisis dilanjutkan dengan tahap pengembangan, konsep perancangan, sistem dan detail, pembuatan prototipe, proses produksi, evaluasi atau pengujian produk, berakhir dengan tahap pendistribusian. (Laksmi Kusuma Wardani, 2003)

Perencanaan produksi suatu produk merupakan bagian yang sangat besar dan sangat menentukan kualitas produk. Perencanaan merupakan kegiatan awal dari rangkaian kegiatan sampai ke proses pembuatan produk sehingga dalam tahap ini juga ditentukan apa yang harus dilakukan dan bagaimana cara melakukannya termasuk merencanakan tahapan pembuatan produk agar mendapatkan kualitas yang bagus juga ditentukan disini, apabila pada tahap perencanaan sudah ditentukan kemudian dilanjutkan ke tahap perancangan, dimana pada tahap perancangan akan dimulai dengan eksplorasi bentuk desain. Sedangkan untuk proses desain itu sendiri adalah kemampuan untuk menggabungkan gagasan, prinsip-prinsip ilmiah, sumber daya, dan sering produk yang telah ada dalam penyelesaian suatu masalah, kemampuan untuk menyelesaikan masalah dalam desain ini merupakan hasil pendekatan yang terorganisasi dan teratur atas masalah tersebut (Sadikin, 2013).

Perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Sedangkan untuk Perancangan juga adalah penentuan akhir ukuran yang dibutuhkan untuk membentuk struktur atau komponen sebagai suatu keseluruhan dalam menentukan konstruksi sesungguhnya yang dapat dikerjakan. Masalah utama dalam proses perancangan struktur adalah masalah beban yang dapat ditahan oleh struktur

tersebut. Oleh karena itu, suatu struktur atau komponen harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan maksimum yang ditimbulkan oleh beban baik dalam bentuk tegangan aksial, lentur maupun geser. (Sadikin, 2013)

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan bahan bukan kriteria satu-satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur. Kekakuan suatu bahan sama dengan pentingnya dengan derajat lebih kecil, sifat seperti kekerasan, ketangguhan merupakan penetapan pemilihan bahan. Beberapa sifat yang menentukan kualitas bahan struktur antara lain :

1. Kekuatan (strength) adalah kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa terjadi kerusakan
2. Elastisitas (elasticity) adalah kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya, setelah gaya luar dilepas. Sifat ini sangat penting pada semua struktur yang mengalami beban berubah-ubah
3. Kekakuan (stiffness) adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk.
4. Keuletan (ductility) adalah sifat dari bahan yang memungkinkan bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa terjadi kerusakan. Sifat ulet sangat diperlukan untuk bahan yang mengalami beban secara tiba-tiba.

2.2. Sepeda Motor Listrik

Sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber tenaganya. Listrik sebagai sumber energi yang disimpan dalam baterai. Energi listrik yang tersimpan di dalam baterai di ubah menjadi energi gerak menggunakan motor listrik.(Pramono et al., 2020)

Kendaraan Listrik merupakan salah satu transportasi masa depan karena efisiensi yang tinggi dan polusi yang rendah (Fang,2000). Sepeda motor listrik juga merupakan salah satu kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga. Energi listrik disimpan dalam baterai yang kemudian diubah menjadi energi mekanik menggunakan motor listrik (Zainuri Fuad, 2015). Motor listrik adalah

perangkat elektronik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Beny Setiawan, 2012)

Dari beberapa pendapat para peneliti terdahulu dapat disimpulkan bahwa sepeda motor listrik adalah kendaraan roda dua yang akan menjadi moda transportasi masa depan dengan melihat dari penggunaannya yang tidak menghasilkan emisi gas buang yang berdampak pada kesehatan lingkungan karena sepeda motor listrik menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak mekanik dan tidak lagi membutuhkan proses pembakaran didalamnya.

2.3. Rangka/Chasis

Rangka berfungsi untuk mendukung keberadaan komponen-komponen diantaranya ; motor listrik, transmisi, baterai, pegas dan lain-lain. pada rangka pulalah dipasangkan body kendaraan.(Pramono et al., 2020)

Berdasarkan jurnal ilmiah dari (Sadikin, 2013) Rangka merupakan salah satu bagian penting pada pada kendaraan (tulang punggung) harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakan di atas rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraanya. Sedangkan untuk chasis adalah merupakan satu bagian dari kendaraan, atau dengan kata lain adalah bagian yang tinggal bila bodi mobil dilepaskan keseluruhannya, untuk bagian chasis itu sendiri terdiri dari rangka, mesin, pemindah tenaga, sistem kemudi, sistem suspensi, sistem rem dan kelengkapan lainnya.

Rangka adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku (las atau lebih dari satu). Semua batang yang disambung secara kaku (jepit) mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Elemen rangka merupakan elemen dua dimensi dan kombinasi antara elemen truss dan beam, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal, dan rotasi. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut. Sebuah kendaraan bermotor terbentuk dari beberapa bagian utama, yaitu:

- a. Frame chasis

- b. Body
- c. Sistem penghasil tenaga (power plane)
- d. Sistem penerus tenaga (driver train)

Ada juga beberapa fungsi utama dari rangka, yaitu :

- a. Untuk mendukung berat dari body kendaraan, penumpang, dan mesin.
- b. Untuk mengakomodasikan suspensi.
- c. Untuk menahan torsi dari mesin, transmisi, aksi percepatan perlambatan, dan juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan.
- d. Untuk meredam dan menyerap energi akibat beban kejut yang diakibatkan benturan dengan benda lain.
- e. Sebagai landasan untuk meletakkan bodi kendaraan, mesin, sistem transmisi, tangki bahan bakar dan lain-lain.
- f. Untuk menahan getaran dari mesin dan getaran akibat permukaan jalan.

Rangka chasis pada kendaraan pada umumnya mempunyai konstruksi yang sederhana, terdiri dari bagian yang membujur dan melintang. Bagian yang membujur umumnya untuk mengikat bagian yang melintang agar konstruksi chasis lebih kokoh dan kuat menahan beban.

Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, rangka harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

- a. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang mesin beserta kelengkapan kendaraan lainnya, menyangga penumpang maupun beban tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.
- b. Ringan, sehingga tidak terlalu membebani mesin (meningkatkan efektivitas tenaga yang dihasilkan mesin).
- c. Mempunyai nilai kelenturan atau fleksibilitas, yang berfungsi untuk meredam getaran atau guncangan berlebihan yang diakibatkan

tenaga yang dihasilkan mesin maupun akibat kondisi jalan yang buruk.

2.3.1. Jenis Rangka Sepeda Motor Berdasarkan Model

Adapun jenis – jenis rangka sepeda motor berdasarkan modelnya yaitu sebagai berikut:

1. Jenis Pressed

Jenis ini dibuat secara massal dengan proses press lembaran logam yang masuk ke mesin. Metode ini sudah cukup kuno, namun beberapa produk masih menggunakan rangka tersebut.

2. Jenis Half-Duplex Cradle

Jenis kedua adalah rangka half-duplex cradle atau rangka bak semi dobel. Rangka ini menggunakan bak ganda dengan dudukan mesin tunggal. Keberadaan tulang punggung tunggal jadi ciri utama dari rangka ini.

3. Full Duplex Cradle

Jenis ini membuat mesin motor dikaitkan penuh pada double cradle yang tersedia di sana. Terdapat dua bak terpisah yang menopang mesin motor. Konstruksinya sederhana, dan bisa digunakan untuk motor off-road.

4. Rangka Single Cradle

Rangka ini menggunakan dudukan tunggal yang sederhana. Dibuat dari tabung baja dan mengelilingi mesin motor.

5. Rangka Deltabox

Jenis ini dapat dilihat pada motor-motor produksi Yamaha. Bentuknya segitiga, yang ditandai dengan bingkai bersudut tiga. Rangka ini memiliki kemiripan dengan rangka model perimeter.

6. Rangka Perimeter

Digunakan pada motor sport modern yang disebut dengan twin spar frame. Rangka ini digunakan untuk memperpendek jarak stang kemudi dengan lengan ayun. Menjadi salah satu rangka terbaik dan paling sporty.

7. Rangka Beam

Jenis ini banyak digunakan pada produk sepeda motor yang dijual secara massal. Materialnya aluminium, yang lebih ringan daripada baja.

8. Trellis

Atau dikenal dengan sebutan rangka teralis, berbentuk jalinan pipa tubular yang dilas satu sama lainnya. Rangka ini memberikan kesan sporty dan kemampuan manuver menjadi lebih baik.

9. Rangka Diamond

Bentuk sepeda motor yang menggunakan rangka ini seperti berlian. Keuntungan menggunakan rangka ini adalah konstruksinya cenderung sederhana dan menghemat biaya produksi.

10. Rangka Monocoque

Disebut juga dengan jenis rangka cangkang tunggal, yang merupakan rangka utuh minim sambungan. Produksinya terbilang sederhana dan cocok digunakan pada banyak jenis motor.

11. Rangka Spine

Rangka ini memberikan fleksibilitas yang besar dalam desainnya. Motor yang menggunakan rangka ini biasanya adalah motor naked, dan jenis off-road.

2.3.2. Jenis Rangka Berdasarkan Material Pada Sepeda Motor

Pada umumnya, sebagian besar rangka menggunakan bahan dari besi dan aluminium. Aluminium akan menghasilkan bobot yang lebih ringan dan pada besi dalam bentuk yang sama. Sebagian besar produksi sepeda motor saat ini

menggunakan jenis rangka dari bahan pipa bulat dengan berbagai jenis ukuran dan ketebalan. Ada juga beberapa sepeda motor yang menggunakan Jenis rangka dari bahan pipa segi empat dan persegi panjang. Rangka sepeda motor harus kuat, ringan, indah, dan mudan dalam perawatannya. Adapun klasifikasi rangka berdasarkan jenis material/bahan yaitu sebagai berikut:

1. Rangka dari Pipa Baja (*Steel Tube Frame*)

Komponen utama rangka dibuat dari pipa baja. Sebuah Konstruksi rangka yang besar dapat dibuat dengan pipa baja ini walaupun diameternya relatif kecil sehingga mempunyai kelebihan dalam dinamika strukturnya.

Rangka ini banyak digunakan pada sepeda motor. Rangka ini terbuat dari pipa besi yang dibentuk menggunakan mesin press hidrolik. Penggunaan rangka jenis ini tidak hanya pada motor sport, tetapi juga pada sepeda motor bebek ataupun motor matik. Rangka yang terbuat dari pipa besi ini tidak hanya mengandalkan bentuk pipa saja, tetapi ada juga yang menggunakan besi berbentuk kotak. Bahan dari pipa inilah yang saat ini banyak digunakan pada sepeda motor yang diproduksi di Indonesia.

2. Rangka dari Pelat Baja (*Steel Plate Frame*)

Rangka ini terbuat dari lembaran baja yang ditekan. Komponen bagian kiri dan kanan dilas bersama membentuk bagian yang tipis melalui bagian permukaan yang menyilang. Beberapa pelat penguat ditambahkan pada bagian yang mengalami pemusatan tekanan atau tempat tertentu yang mengalami perubahan ketebalan pelat. Fungsinya adalah untuk memperkuat konstruksi secara keseluruhan.

Jenis rangka ini saat ini sudah jarang digunakan. Sepeda motor produksi sebelum tahun 1990-an masih banyak yang menggunakan rangka jenis ini. Rangka jenis ini digunakan pada sepeda motor tipe sport dan

bebek. Selain itu, rangka ini Juga digunakan pada sepeda motor scooter, seperti vespa.

3. Kombinasi dari Pipa Baja dan Pelat

Kangka ini merupakan gabungan antara pipa baja dengan pelat baja. Sama seperti rangka yang terbuat dari pelat baja, rangka jenis ini sudah mulai ditinggalkan.

4. Rangka Aluminium Alloy

Rangka ini terbuat dari komponen aluminium tuang (*casting*), tempa (*forging*), gulung (*rolling*), atau gulungan baja (*steel rolling*) yang dilas membentuk rangka. Beberapa rangka jenis ini dibuat melalui proses cetakan karena ada berbagai macam bentuk atau sudut yang dibuat dalam konstruksi yang rumit. Selain itu, rangka ini juga dapat dibuat dari butir-butir pasir tuangan yang dibentuk. Rangka yang terbuat dari aluminium alloy mulai banyak digunakan pada sepeda motor modern karena mempunyai beberapa keuntungan. Rangka yang terbuat dari aluminium lebih ringan dan kaku. Aluminium dapat diproses untuk menambah daya tahan pada rangka dan bentuk rangkanya dapat dibuat lebih menarik. Selain mempunyai keuntungan, bahan dari aluminium alloy Juga punya kelemahan, yakni dari segi harga. Oleh sebab itu, sepeda motor yang menggunakan rangka dari bahan aluminium alloy harganya lebih mahal.

2.3.3. Suspensi Depan Jenis Telescopic Fork

Suspensi jenis ini banyak digunakan pada sepeda motor. Suspensi jenis ini menggunakan dua buah garpu yang diletakkan di steering yoke. Garpu pada suspensi jenis ini menggunakan getaran pegas dan oli minyak sebagai prinsip kerjanya. Pegas menampung getaran dan benturan roda dengan permukaan jalan, sedangkan oli garpu mencegah getaran diteruskan ke batang kemudi.



Gambar 2. 1. Front Fork

2.3.4. Swing Arm

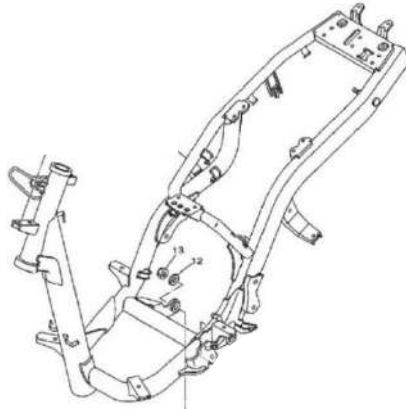
Pada dasarnya, swingarm adalah bagian dari sasis. Komponen ini bekerja di semua aksi yang dilakukan motor. Namun, ada juga yang mengatakan bahwa komponen tersebut bagian dari suspensi.



Gambar 2. 2. Swing Arm

2.3.5. Rangka Sepeda Motor Metik

Bentuk rangka pada sepeda motor metik pada umumnya sama saja. Memiliki batang tunggal sebagai rangka penghubung antara sistem kemudi dan suspensi depan dengan rangka belakang yang berfungsi sebagai titik tumpu beban pengendara.



Gambar 2. 3. Rangka Sepeda Motor Metik

2.4. Komputer

Komputer masa kini memiliki fungsi yang beragam dan semakin kompleks. Setiap orang yang ditanyai fungsi komputer tentu memiliki jawaban yang berbeda. Ada yang menggunakan komputer sebagai media untuk berkomunikasi, ada yang memakainya untuk memudahkan pekerjaannya, ada yang memakainya untuk belajar, untuk kegiatan bisnis, dan juga sebagai sarana hiburan contohnya untuk bermain game (Logho & Hasan, 2018). Namun sebenarnya komputer memiliki 4 fungsi utama, yaitu:

1) Input

Fungsi pertama adalah input, yaitu menerima data atau informasi dari sumber luar. Contoh paling mudah dari fungsi ini adalah informasi dari ketikan keyboard atau klik mouse. Komputer juga bisa mendapatkan informasi dari peralatan lain atau komputer lain.

2) Processing

Fungsi utama dari komputer adalah melakukan pemrosesan. Yang diproses adalah berbagai macam data dan informasi yang diberikan oleh perangkat input. Kemudian data yang tersimpan dalam memori internal akan diproses untuk menghasilkan informasi baru yang nantinya akan dikirim ke perangkat output.

3) Output

Setelah diproses, informasi yang dihasilkan akan menjalankan fungsi output. Hasilnya akan tersedia untuk digunakan oleh pengguna atau perangkat lainnya. Contoh dari perangkat output adalah monitor komputer, printer dan speaker. Perangkat tersebut yang menyajikan output dari komputer untuk dimanfaatkan oleh pengguna atau perangkat lain.

4) Storage

Fungsi komputer yang terakhir adalah sebagai tempat untuk menyimpan informasi. Penyimpanan yang dilakukan berbeda-beda tergantung bagaimana informasi akan digunakan. Ada yang disimpan dalam memori utama komputer, ada juga yang disimpan dalam memori tambahan. Informasi yang disimpan juga bisa dibedakan menjadi data pengguna dan data intruksi. Data intruksi inilah yang biasanya dikenal dengan sebutan program atau software komputer

2.5. Desainer

Desainer cenderung tampil sebagai seseorang yang terampil. Mereka mengambil dua ruang lingkup dalam dunia kerjanya, ruang lingkup secara visual dan secara konseptual. Mereka harus mampu meneliti garis, warna, volume, dan tekstur. Selain itu, harus mampu memerhatikan hubungan antara berbagai hal dan menemukan irama dalam repetisinya pada sesuatu yang mereka lihat (Nugraheny et al., 2015)

2.6. Simulasi

Simulasi berasal dari bahasa latin “simulate”, yang berarti “berpura-pura menjadi/meniru”. Simulasi dapat juga diartikan sebagai eksperimen yang dilakukan terhadap suatu model. Simulasi mengaplikasikan model dengan tujuan untuk mendapatkan strategi yang dapat membantu memecahkan masalah atau menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan suatu sistem (Velten, 2009).

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari

secara ilmiah. Dalam simulasi digunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem. Simulasi merupakan alat yang tepat digunakan untuk melakukan eksperimen yang memerlukan biaya yang sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara riil (Barus, 2016).

Simulasi dapat diaplikasikan dalam banyak cara untuk manajemen keandalan mesin. Dengan simulasi, perhitungan reaksi/respon komponen mesin yang dihasilkan oleh kesalahan perhitungan desain mesin menjadi mungkin dilakukan. Variabel-variabel yang sulit atau mahal untuk diukur dapat diukur dengan mudah dan dengan biaya terjangkau melalui proses simulasi. Desain pada umumnya masih berdasarkan pada data yang tidak sempurna. Dengan proses simulasi, menjadi mungkin untuk mendapatkan hasil keuntungan yang signifikan (Lehtonen, 2006).

Dengan melakukan studi simulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer. Dalam membuat suatu simulasi maka diawali dengan pembangunan model sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana berbagai komponen dalam sistem saling berinteraksi sehingga benar-benar menggambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut ditransformasikan ke dalam program komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan (Indrawan, 2010).

Simulasi banyak digunakan untuk membantu meminimalkan resiko biaya hingga kesalahan fatal dalam dunia nyata, dimana teknologi simulasi terus ditingkatkan untuk berbagai penggunaan seperti latihan pilot pesawat terbang hingga uji coba prototype produk baru. Salah satu dari penggunaan simulasi tersebut diantaranya adalah untuk memberikan sebuah gambaran dimana nanti dapat membantu persiapan-persiapan apa saja yang akan terjadi sehingga lebih menghemat biaya dan waktu, sampai nyawa manusia (Nugraheny et al., 2015)

2.6.1. Komponen Simulasi Kekuatan Struktur

Komponen dalam melakukan analisis kekuatan struktur diperlukan data-data pendukung yang digunakan sebagai acuan proses analisa. Data basic yang dibutuhkan untuk melakukan proses analisa menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2018 adalah material, fixtures, external loads, dan create mesh. Pertama adalah material, data sheet material dari desain produk yang digunakan harus diinput pada bagian material properties sebagai langkah awal dalam melakukan simulasi kekuatan struktur. Kedua adalah fixtures yang merupakan menu untuk bagian dari produk yang akan mempertahankan posisinya apabila diberikan pembebanan. Ketiga adalah external loads yang merupakan menu untuk menentukan bagian dari desain yang akan diberikan pembebanan. Keempat adalah create mesh yang merupakan menu untuk melakukan proses diskritisasi pada objek yang dianalisa. Objek akan dibagi menjadi elemen-elemen kecil pada bagian ini, proses tersebut didukung dengan metode elemen hingga. Setelah sampai ke tahap tersebut, maka proses pengujian akan berjalan dalam beberapa detik atau menit tergantung dari banyaknya jumlah elemen yang ditampilkan pada desain objek yang dirancang. (Suseno. 2017)

2.7. Analisis Titik Berat Dan Momen

Analisis titik berat konstruksi merupakan cara yang pokok untuk mendapatkan data apakah perancangan sudah cukup baik atau belum. Hal ini disebabkan karena pada setiap konstruksi mempunyai titik berat, dimana titik berat ini nantinya akan mempengaruhi stabilitas dan kemampuan beban pada setiap konstruksi pada analisis perancangan balok dan kolom. (Sadikin, 2013)

Konsep titik berat lebih mudah dimengerti bila kita mula-mula meninjau konsep pusat gravitasi plat tipis dengan tebal merata dan bahan yang homogen. Untuk menentukan pusat gravitasi plat rata dengan bentuk tidak teratur tapi tebalnya merata dan bahannya serba sama bila berat masing-masing elemen W yaitu berat seluruh plat, bekerja melalui pusat gravitasi plat. Ada beberapa hal pokok yang harus kita perhatikan diantaranya adalah :

- a. Menentukan titik berat luas potongan penampang.

- b. Menghitung momen pertama atau momen statis setiap luasan terhadap sumbu.
- c. Menghitung momen kedua atau momen inersia setiap luasan terhadap sumbu

2.8. Dasar-Dasar Perhitungan Rangka

Pada dasarnya perhitungan rangka mencakup beberapa hal atau poin yang perlu diperhitungkan yaitu pada kekuatan batang, menahan getaran-getaran pada mesin, menahan aksi percepatan perlambatan, dan juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan. Untuk mengetahui berapa besar beban yang diterima rangka dapat diketahui dengan momen inersia dan beban yang akan terjadi pada batang karena terdapat sejumlah gaya yang bekerja pada bidang dengan sumbu-sumbunya. (Sadikin, 2013)

2.9. Solidworks

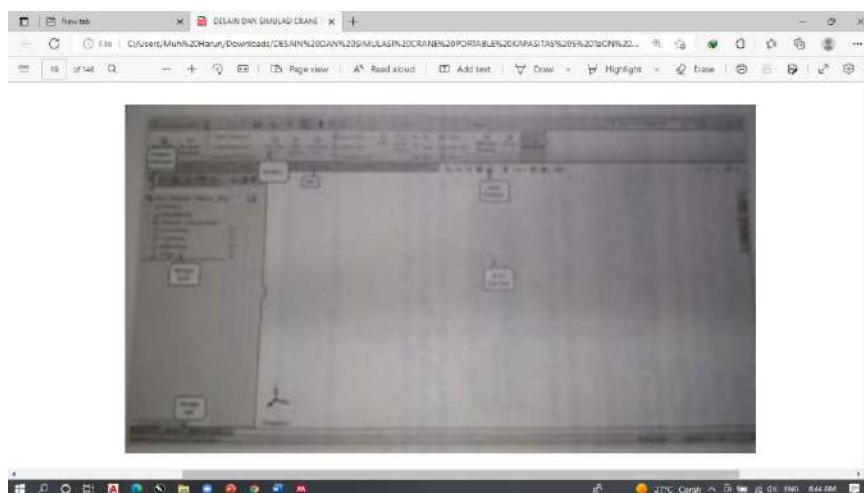
Solidworks merupakan software CAD yang diakui oleh penggunanya sebagai perangkat lunak yang mudah digunakan dalam membantu proses desain suatu objek benda. Software ini sudah dipakai oleh perusahaan manufaktur ataupun perorangan di seluruh dunia dikarenakan kemudahannya. Kelebihan utama SOLIDWORKS dibandingkan software CAD lain adalah penggunanya mampu membuat sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. SOLIDWORKS dirancang khusus untuk mendesain benda sederhana maupun yang rumit sekali pun.

Kita juga dapat melakukan simulasi pada desain yang kita buat dengan solidworks. Analisis kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana bahkan kita dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan solidworks.

Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar yang membutuhkan waktu dan lama proses kerja yang tidak efisien di era modern ini, diciptakan suatu perangkat lunak desain modeling yaitu SOLIDWORKS yang berbasis CAD (Computer Aided Design). SOLIDWORKS adalah salah satu CAD software yang

dibuat oleh DASSAULT SYSTEMES digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.

Solidworks pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing dari software software CAD lainnya seperti Pro-Engineer, Siemens, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, dan Catia. Solidworks corporation didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut engineer engineer profesional untuk mengembangkan perusahaannya yang dibidang perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama pada tahun 1995 dengan nama SOLIDWORKS 95 sampai dengan sekarang menjadi SOLIDWORKS 2017 . Lebih dari 3,246,750 pengguna di 240,010 lokasi di dalam 80 negara diseluruh dunia sudah menggunakan SOLIDWORKS, bahkan SOLIDWORKS juga tersedia dalam versi pembelajaran yang dikhususkan untuk pelajar sekolah ataupun universitas yang tujuannya untuk menambah wawasan dan keahlian dalam membuat desain produk yang bersertifikat resmi namun untuk SOLIDWORKS versi pembelajaran ini tidak di izinkan dipergunakan untuk perusahaan manufaktur ataupun yang berbau bisnis dalam penggunaannya. (Vicky Dewo Prakoso. 2017).



Gambar 2. 4. Interface Solidworks 2013

Sumber :(buku solidworks untuk desain manufaktur)

Gambar di atas merupakan antarmuka atau interface dari solidworks 2013. Anda perhatikan satu persatu elemen yang Menyusun interface seperti pada gambar seperti feature manager, tombol, tab, view toolbar, area gambar, design tree dan design tab. (M. Zainal Abdi. 2018)

2.9.1. Fungsi Solidworks

Solidworks adalah software atau aplikasi CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufactur) serta CAE (Computer Aided Engineering) yang dikembangkan oleh perusahaan ternama Dassault Systemes.

Sesuai dengan definisi di atas, maka bis akita simpulkan bahwa fungsi aplikasi solidworks adalah sebagai berikut :

1. Solidworks Sebagai Aplikasi Desain

Yang pertama Solidworks adalah aplikasi CAD (Computer Aided Design). Artinya, Solidworks adalah aplikasi yang berfungsi untuk membantu proses desain (desain teknik). Sebenarnya Solidworks bisa kita gunakan untuk membuat desain dalam bentuk 3D dan 2D. akan tetapi solidworks lebih umum digunakan untuk membuat desain 3D.

Saat kita membuka dokumen baru, ada tiga opsi dokumen yaitu part, assembly dan drawing.

> Part, Untuk membuat desain part baru (komponen satuan)

> Assembly, untuk merakit beberapa part

> Drawing, untuk membuat gambar 2d dari part atau assembly

2. Solidworks untuk simulasi pemesinan

Solidworks juga merupakan aplikasi CAM (Computer Aided Manufactur). Artinya, solidworks bisa kita gunakan untuk membuat simiulasi proses pemesinan seperti turning, milling dan sebagainya

3. Solidworks untuk Analysis

Solidworks juga merupakan aplikasi CAE (Computer Aided Engineering). Artinya solidworks bis akita gunakan untuk melakukan

analysis terhadap desain yang kita buat. Analisis yang bisa kita lakukan menggunakan solidworks antara lain motion analysis, static analysis, thermal analysis, flow analysis dan lain sebagainya.

2.10. Berat Tubuh Orang Dewasa

Penelitian yang dilakukan oleh Muljati dkk. Pada tahun 2016, yang menuliskan table berat badan rata-rata orang dewasa berikut:

Tabel 2. 1. Tabel berat badan berdasarkan kelompok umur

Kelompok Umur	Rerata Berat Badan
Perempuan	
19-29 th	53,7
30-49 th	58,6
50-64 th	56,8
65-80 th	49,2
> 80 th	43,9
Laki - Laki	
19-29 th	58,8
30-49 th	62,9
50-64 th	60,9
65-80 th	54,9
> 80 th	53,8

Berdasarkan table diatas nilai maksimal berat rata – rata orang dewasa laki – laki dan perempuan berada pada rentan usia 30 – 49 tahun. Berat rata - rata perempuan usia 30 – 49 tahun adalah 58,6 Kg. berat rata – rata laki – laki usia 30 – 49 tahun adalah 62,9 Kg.

2.11. Baterai Li – ion 72v

Baterai Lithium-ion merupakan salah satu jenis baterai sekunder (rechargeable) yang umum digunakan terutama pada berbagai peralatan elektronik

portable. Baterai ini memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya unggul dibandingkan jenis baterai lainnya, diantaranya adalah memiliki energi spesifik, densitas, dan efisiensi energi yang tinggi. Serta memiliki kemampuan pengisian yang cepat dan masa hidup yang relatif panjang . (Antika & Hidayat, 2019)

Adapun spesifikasi baterai Li-Ion yang akan digunakan yaitu sebagai berikut:

Panjang	: 23 cm
Lebar	: 15,5 cm
Tinggi	: 26 cm
Berat	: 14,5 kg
Kapasitas daya	: 72 volt



Gambar 2. 5. Baterai Li-Ion 72 v

2.12. Parameter Simulasi Kekuatan Struktur

Setelah dilakukan proses simulasi kekuatan struktur menggunakan perangkat lunak SolidWorks, maka akan diperoleh beberapa hasil yang menunjukkan perilaku dari desain objek yang dirancang. Sehingga dapat diketahui validitas dari desain tersebut. Hasil data dari simulasi struktur tersebut di antaranya berkaitan dengan:

2.12.1. Tegangan

Tegangan atau stress yang dalam ilmu fisika dilambangkan dengan σ dan satuannya ditulis dengan N/m². Tegangan diartikan sebagai intensitas gaya dan arahnya yang bekerja dari titik ke titik untuk menentukan kemampuan suatu material dalam menerima beban. Konsep dasar tegangan biasanya digambarkan dengan sebuah batang prismatis yang diberikan gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan di seluruh panjangnya, sedangkan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen sehingga mengakibatkan terjadinya tarikan atau tekanan pada batang. Tegangan yang terjadi pada suatu benda dirumuskan sebagai berikut (Agus adi, dkk. 2014):

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Secara umum, tegangan terbagi menjadi dua yaitu tegangan normal atau aksial dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang intensitas gayanya bekerja tegak lurus terhadap permukaan benda. Sedangkan tegangan geser yaitu tegangan yang intensitas gayanya bekerja sejajar terhadap permukaan benda (Mubarok. 2019). Tegangan normal menghasilkan tegangan tarik dan tegangan tekan dimana tegangan tarik adalah tegangan yang bekerja pada batang akibat adanya gaya tarik aksial yang menyebabkan benda menjadi bertambah panjang, sedangkan tegangan tekan adalah tegangan yang bekerja pada batang akibat adanya gaya tekan aksial yang menyebabkan benda mengalami pengurangan panjang atau memendek (Salafuddin. 2016).

Tegangan pada suatu benda dapat menyebabkan terjadinya regangan. Regangan dapat berarti benda yang diuji tersebut memanjang, memendek, membesar, mengecil, dan sebagainya. Hal tersebut terjadi karena beban aksial yang bekerja pada benda. Sama halnya dengan tegangan, regangan juga mengalami tekanan dan tarikan. Benda yang mengalami tarikan disebut sebagai regangan tarik yang ditandai dengan terjadinya perpanjangan pada benda. Sedangkan benda yang mengalami tekanan disebut sebagai regangan tekan yang ditandai dengan

pemendekan pada benda. Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut (Agus adi, dkk. 2014):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

2.12.2. Displacement

Pembebanan pada suatu benda dapat menyebabkan benda mengalami perubahan baik bentuk maupun ukuran, keadaan ini disebut sebagai deformasi (diplacement). Perubahan ukuran ditandai dengan terjadinya pertambahan panjang yang disebut sebagai elongasi dan pemendekan atau kontraksi. Ketika benda mengalami proses deformasi maka benda akan menyerap sejumlah energi. Gaya yang bekerja pada benda menyebabkan deformasi bentuk dan dimensinya. Deformasi terbagi menjadi dua yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis [Agus adi, dkk. 2014]. Deformasi elastis adalah deformasi yang ditandai dengan perubahan yang terjadi ketika beban tarik ditiadakan maka material akan kembali ke semula. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang ditandai dengan perubahan yang terjadi k terjadi ketika beban tarik dilepaskan maka material tersebut tidak akan kembali ke semula. Keadaan deformasi tersebut erat kaitannya dengan elastisitas bahan yang sering disebut modulus Young yang dirumuskan sebagai berikut (Eka & Dzulkiflih. 2017) :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

2.12.3. Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan dikatakan berhasil apabila memiliki nilai diatas 1,0 untuk menghindari suatu kegagalan atau keruntuhan struktur. Perhitungan faktor keamanan berfungsi untuk menentukan layak atau tidaknya alat yang dibuat untuk digunakan (Kristyadi dkk, 2015: 6). Gunawan (2009: 7) mendefinisikan faktor keamanan adalah nilai perbandingan antara kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan

yang dibutuhkan. Untuk rumusan nilai faktor keamanan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Faktor Keamanan } (n) = \frac{S_y}{\sigma}$$

Dimana,

S_y = Yield Strength

σ = Tegangan sesungguhnya

Nilai faktor keamanan berkisar antara 1,0 sampai dengan 10. Apabila nilai kekuatan yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan kekuatan sebenarnya akan menghasilkan nilai faktor keamanan dibawah 1,0 dengan kata lain deformasi yang terjadi melewati harga batas, hal ini menyebabkan strukturnya tidak lagi mampu menunjukkan fungsi yang diharapkan, hal ini dapat menyebabkan material menjadi patah.

Adapun aturan untuk menentukan faktor keamanan suatu struktur adalah sebagai berikut (S. Mubarak. 2019):

- a. $n = 1,25$ sampai dengan $2,0$ ditetapkan pada perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk semua data perancangan.
- b. $n = 2,0$ sampai dengan $2,5$ ditetapkan pada perancangan stuktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.
- c. $n = 2,5$ sampai dengan $4,0$ ditetapkan pada perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat ketidakpastian mengenai beban, sifat-sifat bahan analisis tegangan, atau lingkungan.
- d. $n = 4,0$ atau lebih ditetapkan pada perancangan struktur statis atau elemen- elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan

ketidak pastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.

Apabila nilai minimal faktor keamanan suatu produk yang dirancang mencapai 3 digit atau lebih, maka produk tersebut dipastikan memiliki tingkat keamanan sangat tinggi, memiliki kualitas sangat baik, berharga sangat mahal, dan cenderung berbobot besar karena material yang digunakan banyak (karim dkk. 2018). Adapun, harga faktor keamanan untuk beberapa material ditinjau dari steady load, live load, dan shock load. Saat diberikan steady load, besarnya faktor keamanan pada material cost iron adalah sebesar 5-6, wrought iron sebesar 4, steel sebesar 4, soft material dan alloys sebesar 6, leather sebesar 6, dan timber sebesar 7. Lalu, pada saat diberikan live load, besarnya faktor keamanan pada material cost iron adalah sebesar 8-12, wrought iron sebesar 7, steel sebesar 8, soft material dan alloys sebesar 9, leather sebesar 12, dan timber sebesar 10-15. Sedangkan apabila diberikan shock load, besarnya faktor keamanan pada material cost iron adalah sebesar 16-20, wrought iron sebesar 10-15, steel sebesar 12-16, soft material dan alloys sebesar 15, leather sebesar 15, dan timber sebesar 20. Perbedaan nilai faktor keamanan tersebut bergantung pada jenis bahan, jenis material, proses pembuatan, jenis tegangan, bentuk komponen, dan sebagainya (A.P. Irawan)

2.13. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan untuk mendapatkan acuan dan bahan perbandingan. Selain itu juga digunakan untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dari itu dalam tinjauan putaka ini dicantumkan hasil – hasil penelitian terdahulu.

2.13.1. Penelitian oleh Muhammad Ari Hidayat, dkk pada tahun 2022

Penelitian oleh Muhammad Ari Hidayat, dkk dalam jurnal almikanika vol. 4, no. 2. pada tahun 2022 dengan judul “Perancangan Dan Simulasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trellis Menggunakan Finite Element Metode (FEM)”

Dalam jurnal tersebut mengatakan sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber tenaganya. Listrik sebagai sumber energi yang disimpan dalam baterai. Energi listrik yang tersimpan di dalam baterai di ubah menjadi energi gerak menggunakan motor listrik. Komponen yang terpenting dalam pembuatan motor listrik salah satunya yaitu rangka. Rangka berfungsi untuk mendukung keberadaan komponen-komponen diantaranya ; motor listrik, transmisi, baterai, pegas dan lain-lain. pada rangka pulalah dipasangkan body kendaraan. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan rangka sepeda motor listrik tipe Trellis. Tipe trellis dipilih karena mudah di desain dan dapat menyokong dan memberi dukungan yang kuat. Proses desain menggunakan metode elemen hingga (finite element metode). Software yang digunakan adalah Autodesk Inventor- Simulation Mechanical. Penelitian ini bertujuan mendapatkan distribusi tegangan, regangan dan displacement sebagai pertimbangan dalam menentukan dimensi dan material yang tepat yang akan digunakan pada rangka sepeda motor listrik. Melakukan pengujian static dari kedua model desain rangka dengan memberi beban 120 kg, 130 kg, 140 kg, 150 kg dan 169 kg. untuk menentukan desain terbaik dari hasil pengujian static, dengan nilai hasil tegangan maksimal dari pembebanan terbesar 169 kg = 1.615 N/mm² , Defleksi = 0.0050 mm dan nilai safety factor = 1.96 + 02. dipilih desain rangka 2 untuk sepeda motor listrik MELISKA. Optimalisasi distribusi tegangan dan defleksi berada di ujung rangka. Kesimpulan : berdasarkan hasil analisa dari kedua desain rangka sepeda motor listrik mendapatkan hasil simulasi kekuatan dan safety factor terbaik sehingga aman digunakan.

2.13.2. Penelitian oleh Agung Dwi Sapto dan Irvan Septyan Mulyana

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Agung Dwi Sapto dan Irvan Septyan Mulyana dengan mengangkat judul “Perancangan Desain Rangka Dan Analisis Pembebanan Statik Sepeda Listrik Roda 3”

Rangka (frame) menjadi bagian yang paling penting dari sepeda karena semua komponen sepeda yang lain dipasang pada rangka. Rangka haruslah menjadi

fokus utama dalam pertimbangan untuk merancang sebuah sepeda, karena rangka sepeda harus mampu menopang berat pengendara, mentranslasikan usaha pedal menjadi gerakan maju, mengarahkan roda sesuai arah yang dituju dan mengabsorpsi getaran jalan. Maka pada penelitian ini dipilih rangka sepeda listrik roda 3. Dengan merancang rangka sepeda listrik roda 3, dapat diketahui kekuatan rangka pada seat tube dengan menggunakan material titanium dengan perhitungan von mises stress, strain, dan factor of safety pada asumsi pembebanan statik sebesar 130 kg. Setelah dilakukan perancangan pada rangka sepeda listrik roda 3 ukuran 510 mm pada seat tube center, 545 mm pada stack dan 545 mm pada effective top tube dengan asumsi pengguna sepeda memiliki tinggi badan 160-170 cm. Hasil perhitungan yang dilakukan pada seat tube rangka sepeda listrik roda 3 terhadap beban sebesar 130 kg, didapatkan nilai teori von mises stress sebesar 118,3969413 MPa, nilai teori strain sebesar $1,127 \times 10^{-3}$, nilai teori factor of safety sebesar 4,22.

2.12.3. Penelitian oleh A. Suwandi, dkk pada tahun 2018

Penelitian oleh A. Suwandi, dkk pada tahun 2018 mengangkat penelitian dengan judul “Manufaktur Prototipe Konstruksi Rangka Sepeda Motor Listrik Kapasitas 1 Kw Dengan Penggerak Roda Belakang”

Pada kendaraan, rangka merupakan komponen yang sangat penting. Salah satu fungsi rangka yaitu sebagai penguat struktur pada kendaraan bermotor. Dalam merancang rangka untuk sepeda motor listrik, bagian tersebut harus ringan dan juga kuat. Rancangan rangka juga harus menyesuaikan dengan suspensi, posisi motor dan kapasitas motor yang digunakan. Tulisan ini membahas tentang estimasi waktu proses manufaktur dan biaya dari satu unit prototipe konstruksi rangka sepeda motor listrik kapasitas 1 kW dengan penggerak roda belakang. Metode yang digunakan adalah metode manufaktur design for manufacturing and assembly. Pada operation process chart dapat dilihat dalam pembuatan satu unit konstruksi rangka sepeda motor listrik membutuhkan waktu ± 165 menit dengan total jumlah proses proses yang dibagi dalam 3 jenis proses yaitu operasi, pemeriksaan dan perakitan. Perkiraan harga jual untuk satu unit konstruksi rangka sepeda motor listrik \pm Rp

2.577.000,- didapat dari harga bahan baku dan komponen yang digunakan sebesar Rp 1.940.864,- biaya produksi sebesar Rp 300.000,- dan laba yang dikehendaki 15% sebesar Rp 336.129.

2.13.4. Penelitian oleh Ali Sadikin pada tahun 2013

Judul penelitian yang diangkat oleh Ali Sadikin yaitu “Perancangan Rangka Chasis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software 3d Siemens Nx8”

Tujuan Penelitian ini untuk mendapatkan sebuah rancangan rangka chasis mobil listrik yang aman dan nyaman yang berfungsi sebagai landasan untuk meletakkan bodi kendaraan, mesin, sistem kemudi dan komponen lain. Peneliti dilakukan menggunakan metode pengembangan (Research Development) dengan bantuan perangkat lunak (software) yang mampu untuk pembuatan suatu model dalam bentuk gambar 3 dimensi, dalam hal ini software yang digunakan adalah Siemens NX8. Yang dapat menguji konstruksi rangka chasis bertujuan untuk mengetahui structural performance, displacement, stresses dan kekuatan bahan pada konstruksi frame mobil listrik. Dari hasil analisis perancangan rangka chasis mobil listrik menggunakan bantuan software nx8 diperoleh hasil pengujian yang dilakukan secara perhitungan komputer dimana angka dari tiap-tiap bagian yang diuji nilai angka kemanan safety factor sangat aman sedangkan untuk pengujian rangka itu sendiri tidak bisa diujikan secara keseluruhan dikarenakan keterbatasan pada spesifikasi komputer yang digunakan, akan tetapi pada pengujian rangka chasis mobil listrik bisa diujikan dengan cara pembagian sub untuk dari hasil pengujian rangka chasis mobil listrik bisa dilihat nilai angka safety facttor untuk pengujian beban terpusat memiliki nilai angka keamanan 4.24. sedangkan hasil pengujian bagian depan kanan 6.29 dan kiri 6.29 dan hasil pengujian dari bagian belakang kiri 5.51 dan kanan 5.54, sedangkan untuk pemberian material pada perancangan rangka chasis mobil listrik menggunakan material AISI 310_SS pipa tube yang berdiameter luar 38 dan diameter dalam 28. Saran dalam penelitian ini :

(a) Dari kesimpulan yang ada hasil analisis dalam perancangan rangka chasis mobil

listrik ini sangat aman dan nyaman (b) Berdasarkan hasil analisa bahan pada perancangan rangka chasis maka di sarankan kepada peneliti yang akan melakukan penelitian yang sama atau pengembangan terhadap rancangan ini dapat melakukan modifikasi kepada komponen-komponen yang memiliki angka keamanan yang sangat tinggi dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi bahan.

2.13.5. Penelitian oleh Sulaiman pada tahun 2022

Penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman mengangkat judul yaitu “Desain Dan Simulasi Crane Portable Kapasitas 5 Ton Menggunakan Aplikasi Solidworks 2020 Di Makassar New Port”

Desain Dan Simulasi Crane Portable Kapasitas 5 Ton Menggunakan Aplikasi Solidworks 2020 di Makassar New Port. Sulaiman. Saat ini kegiatan memindahkan barang di Makassar New Port dari satu tempat ke tempat lainnya untuk keperluan maintenance masih menggunakan mini forklift yang terbilang masih terbatas tempat pemindahannya, seperti Ketika ingin memindahkan Cover U Ditch untuk kegiatan maintenance pada saluran kabel duct, sering kali cover U Ditch mengalami kerusakan atau pecah beton ketika di pindahkan menggunakan mini forklift. Maka dari itu peneliti berinisiatif untuk membuat desain dan simulasi dari Crane portable dengan maksimal angkat sebesar 5 ton untuk di gunakan sebagai pengganti mini forklift. Adapun metode penelitian yang saya gunakan adalah metode dengan jenis pendekatan eksperimen desain dengan menggunakan bantuan software yang dapat mensimulasikan Crane Portable yang dilakukan dengan pemodelan. Adapun hasil yang di dapatkan dari penelitian ini yaitu hasil tegangan / stress maksimum yang di peroleh tidak melebihi dari nilai tegangan luluh atau yield strenght sebesar 250.000.000 dan Pada titik pembebanan 1 didapatkan Faktor keamanan sebesar 2,873, Pada titik pembebanan 2 didapatkan Faktor sebesar 3,048 dan pada titik pembebanan 3 didapatkan Faktor keamanan sebesar 2,720. Karena hasil dari Faktor keamanan maksimum yang di peroleh melebihi nilai yang di tentukan yaitu sebesar 1 (satu), maka dapat dipastikan bahwa desain crane

portable dengan beban yang di terima sebesar 49050 N atau 5 ton mampu untuk menahan beban yang di berikan dengan baik.

2.13.6. Hasil Penelitian Lasinta Ari Nendra Wibawa (2019)

Penelitian Lasinta Ari Nendra Wibawa (2019), Berjudul “Desain dan Simulasi Elemen Hingga Gantry Crane Kapasitas 9 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017”

Saat ini gantry crane di LAPAN Garut masih menggunakan material baja. Material baja tersebut dilindungi menggunakan cat pelapis untuk meminimalkan dampak korosi. Namun, metode ini kurang efisien mengingat laju korosi di LAPAN Garut sangat tinggi karena terletak di pesisir Pantai Cilauteureun. Hal ini juga menimbulkan masalah dalam hal perawatan karena harus dilakukan pengecatan ulang secara teratur dan berkala. Selain itu, tak semua peralatan tersedia dana perawatan setiap tahun. Tujuan dari makalah ini adalah mendesain dan menganalisis tegangan dari gantry crane dengan kapasitas 9 ton menggunakan material Aluminium 6061. Material yang digunakan adalah tiga unit rangka standar JIS G 3192 H (I-shape) dengan ukuran 150 x 150 x 7 mm, empat unit rangka JIS G 3466 (square profile) dengan ukuran 150 x 150 x 6 mm, dan empat unit rangka JIS G 3466 (square profile) dengan ukuran 125 x 125 x 6 mm. Analisis elemen hingga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2017. Hasil simulasi menunjukkan bahwa gantry crane memiliki massa, tegangan von Mises, deformasi, dan faktor keamanan berturut-turut sebesar 165,36 kg; 132,9 MPa; 13,67 mm; dan 2,07.

2.13.7. Hasil Penelitian Gilang Triandi (2019)

Penelitian Gilang Triandi (2019), Berjudul “Pengaruh Pembebanan Pada Papan Luncur Dengan Variasi Beban Menggunakan Perangkat Lunak Solidwork 2014”

Tujuan dilakukannya pengujian uji tekan papan luncur untuk mengetahui seberapa besar kekuatan papan luncur saat diberikan tekanan dengan nilai yang

telah ditentukan. Sifat kekuatan bahan papan sangat diperlukan hal ini berkaitan dengan seberapa besar kemampuan papan menerima beban, perlu adanya penelitian tentang mengetahui ketahanan material papan agar dapat menyesuaikan beban terhadap jenis material yang dipakai. Dalam prosedur pengujian ini penulis menggunakan perangkat lunak solidwork 2014. Pada saat pembuatan papan luncur penulis menggunakan bahan berjenis material serat sawit. Dalam metode pengujian simulasi tekan statik diharuskan menentukan daerah geometri tetap, tentukan daerah yang akan diberikan beban dan mengatur jumlah jaring. Setelah papan selesai gambar kemudian disimulasikan dengan pengujian uji tekan statik yang diberikan beban sebesar 60 kg, 75 kg dan 85 kg. Hasil simulasi terdiri dari proses jarring (mesh), proses tegangan dan proses regangan. Hasil dari simulasi pembebanan pada beban 60 kg mendapatkan hasil simulasi tegangan dengan minimum hasil 0.027 N/mm² dan maksimum 13.142 N/mm², simulasi regangan dengan minimum hasil 1.42e-005 dan maksimum 0.00203, faktor keamanan minimum 3.272. Pada beban 75 kg mendapatkan hasil simulasi tegangan dengan minimum hasil 0.033 N/mm² dan maksimum 16.427 N/mm², simulasi regangan dengan minimum hasil 1.77e-005 dan maksimum 0.00254, faktor keamanan minimum 2.618. Pada beban 85 kg mendapatkan hasil simulasi tegangan dengan minimum hasil 0.038 N/mm² dan maksimum 18.617 N/mm², simulasi regangan dengan minimum hasil 2e-005 dan maksimum 0.00288, faktor keamanan minimum 2.310.

2.13.8. Penelitian oleh Sri Poernomo Sari & Puguh Santoso (2014)

Penelitian yang dilakukan oleh Sri Poernomo Sari & Puguh Santoso mengangkat judul “Analisis Tegangan Statik Pada Rangka Sepeda Motor Jenis Matic Menggunakan Software Catia P3 V5r14”

Rangka atau chassis adalah bagian komponen terpenting dari semua kendaraan yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang dikarenakan kegunaan Sepeda Motor yang diperuntukan sebagai alat transportasi menjadi alat pengangkut, dalam hal ini rangka motor matic. Maka

untuk itu dilakukan analisis tepatnya pada bagian dudukan penumpang. Untuk analisis beban statis dan konsep analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Catia P3 V5R14, dengan perbandingan pembebanan dua penumpang dan satu penumpang. Tujuannya untuk mengetahui deformasi yang terjadi serta daerah kritis dari masing-masing jenis dudukan dan vector peralihannya. Setelah proses analisis dilakukan maka didapatkan tegangan Von Mises maksimum sebesar $3,915 \times 10^8$ N/m² untuk rangka dudukan 2 penumpang dan 3.553×10^8 N/m² untuk rangka dudukan 2 penumpang yang telah dimodifikasi, juga didapatkan vektor peralihan sebesar $1,075 \times 10^{-2}$ m untuk rangka dudukan 2 pengemudi dan $8,972 \times 10^{-3}$ m untuk rangka dudukan2 pengemudi yang sudah dimodifikasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat

3.1.1. Waktu Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian mulai dari pengumpulan data sampai pembuatan desain dan simulasi rangka sepeda motor listrik prototipe 72 dilaksanakan selama 3 dibulan, mulai dari bulan Juli - September 2022 dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 3. 1. Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Jadwal Kegiatan																											
		Bulan (2022)																											
		April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Pengajuan Judul																												
2	Studi Literatur																												
3	Penyusunan Proposal																												
4	Seminar Proposal																												
5	Tahap Penelitian																												
6	Analisis Data																												
7	Seminar Hasil																												

dalam sebuah gambar berupa desain rangka sepeda motor listrik dengan menggunakan software Solidworks.

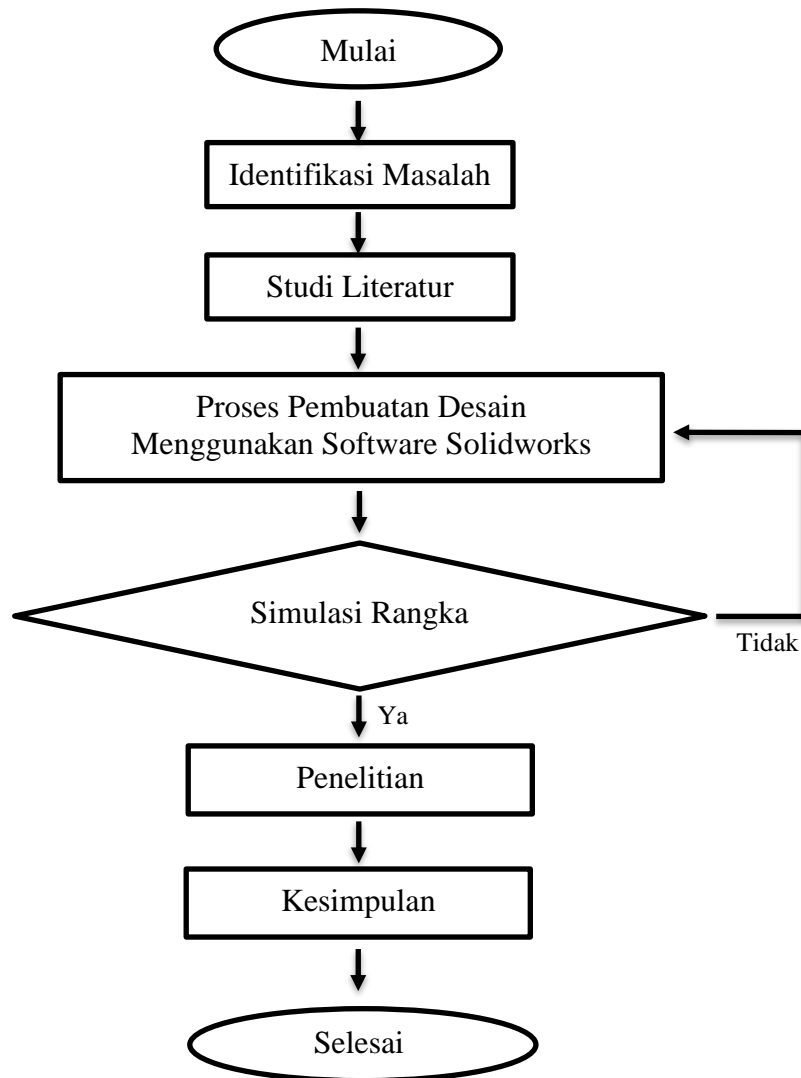
3.5. Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan yaitu dengan melakukan simulasi pengujian terhadap kekuatan rangka motor listrik prototipe 72 yang telah didesain menggunakan software Solidworks.

3.6. Diagram alir Penelitian

Adapun diagram alir proses pengerjaan pembuatan desain dan simulasi rangka sepeda motor listrik yaitu sebagai berikut:

Diagram alir penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Setelah melakukan penelitian. Adapun hasil yang didapatkan yaitu:

- Desain rangka sepeda motor listrik protetrik 72
- Hasil simulasi rangka sepeda motor listrik protetrik 72

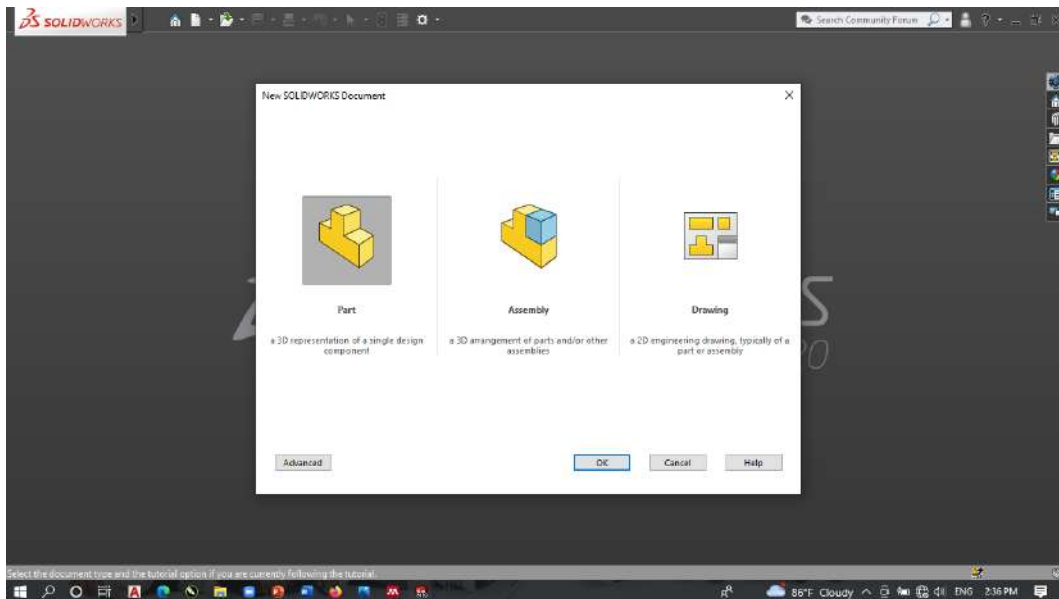
4.1.1. Desain Rangka Sepeda Motor Protetrik 72

Berikut adalah langkah – Langkah pembuatan desain rangka sepeda motor protetrik 72 yang menggunakan software solidworks:

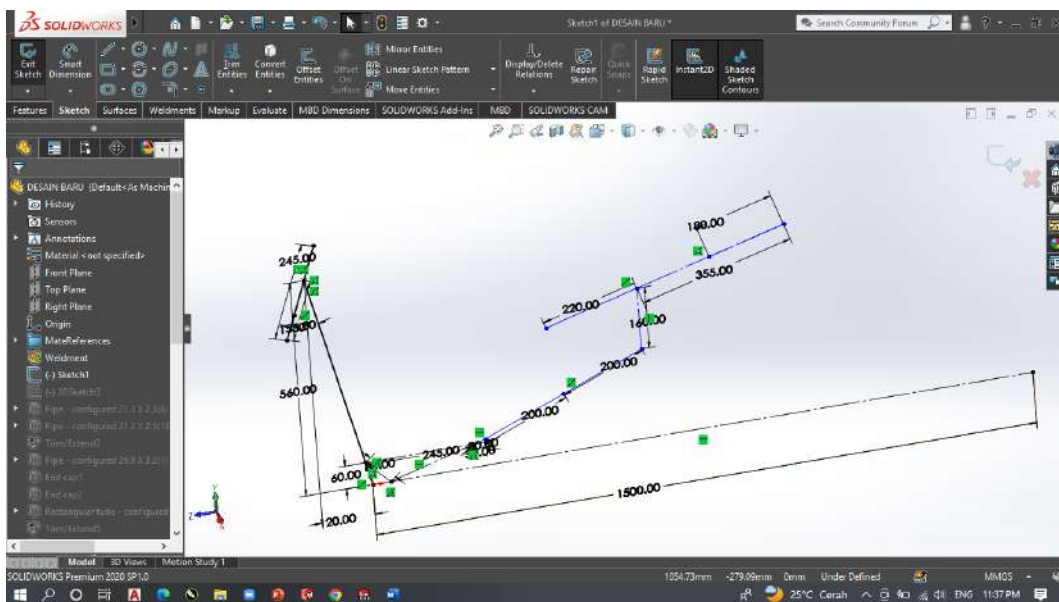
1. Membuka software solidworks 2020



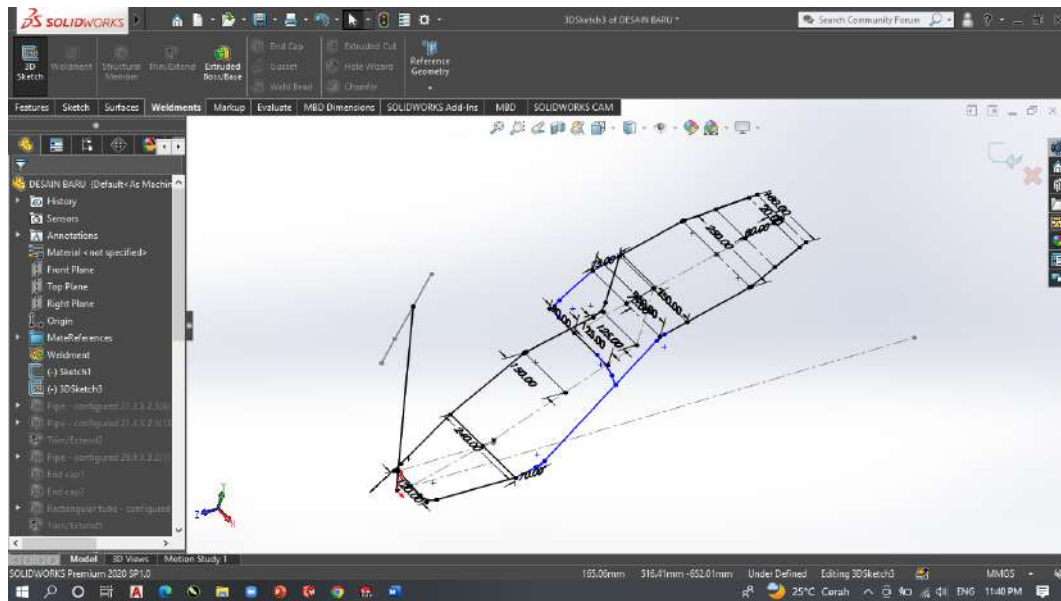
2. Membuat gambar baru dengan menggunakan fungsi “new” dan memilih “part” untuk membuat bagian desain.



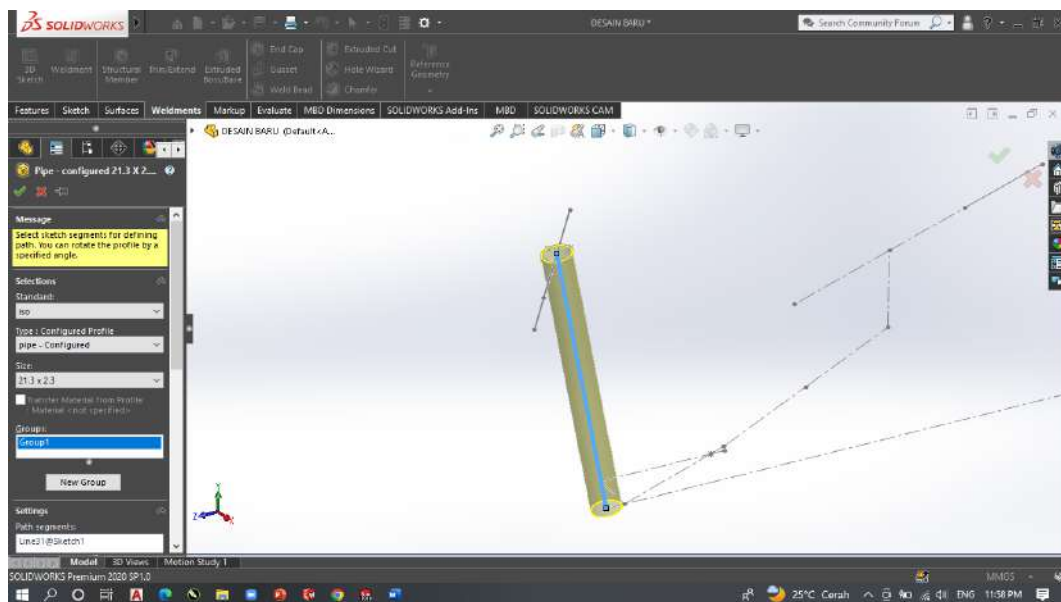
3. Membuat sketsa rangka menggunakan fungsi “line” dan memasukkan ukuran dimensi gambar dengan fungsi “smart dimension”, yang kemudian diubah menjadi garis sumbu menggunakan fungsi “construction geometry”



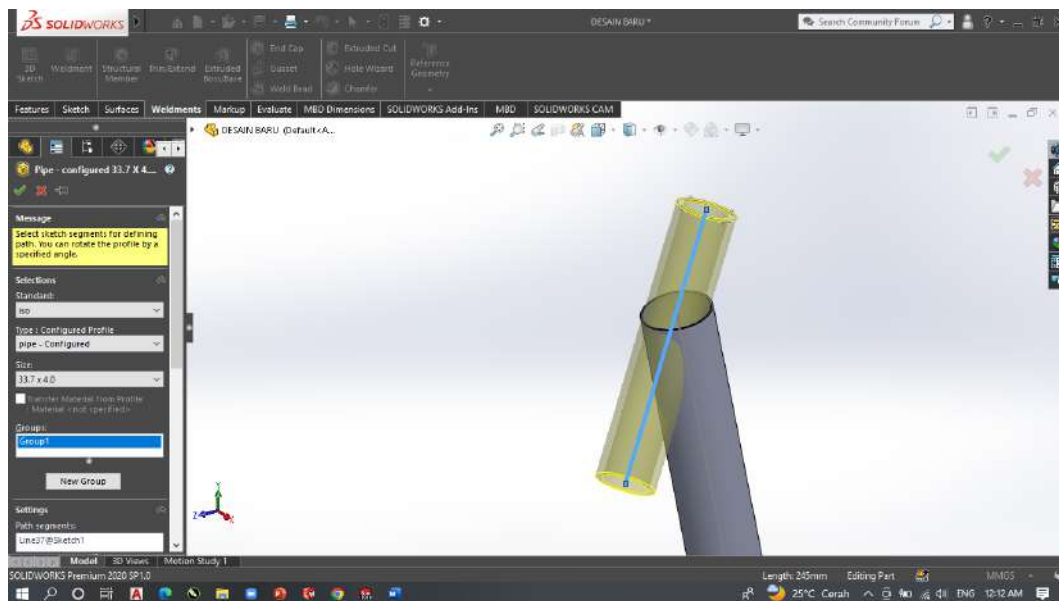
4. Membuat sketsa 3 dimensi dengan menggunakan “3d Sketch” dengan memasukkan garis menggunakan “line” pada titik – titik yang membutuhkan ukuran lebar pada rangka.



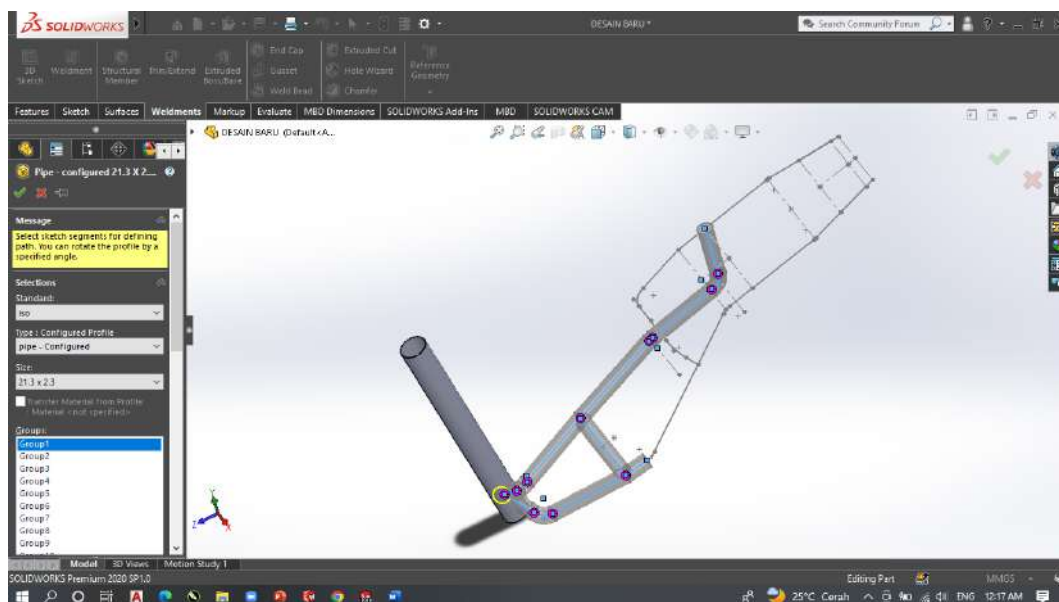
5. Membuat rangka depan menggunakan fungsi “structural member” kemudian memilih bahan pipa dengan ukuran 61.5 mm lalu klik garis sketsa rangka depan.



6. Membuat rangka dudukan front fork menggunakan fungsi “structural member”. Memilih bahan pipa dengan ukuran $\text{Ø} 43 \text{ mm}$ dan tebal 2,25 mm, kemudian klik pada sketsa.

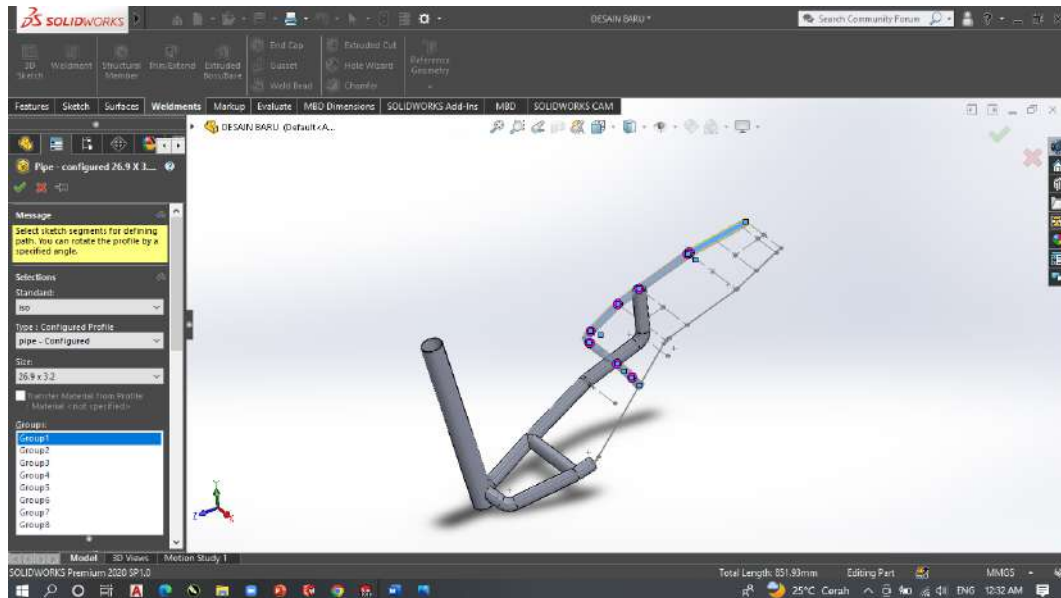


7. Membuat rangka depan bagian bawah dan bagian kanan. Menggunakan fungsi “structural member” kemudian memilih bahan pipa dengan ukuran $\text{Ø} 38 \text{ mm}$ dan tebal 2,25 mm. Lalu klik pada sketsa rangka bawah dan rangka kanan yang dibuat dengan bahan yang sama.

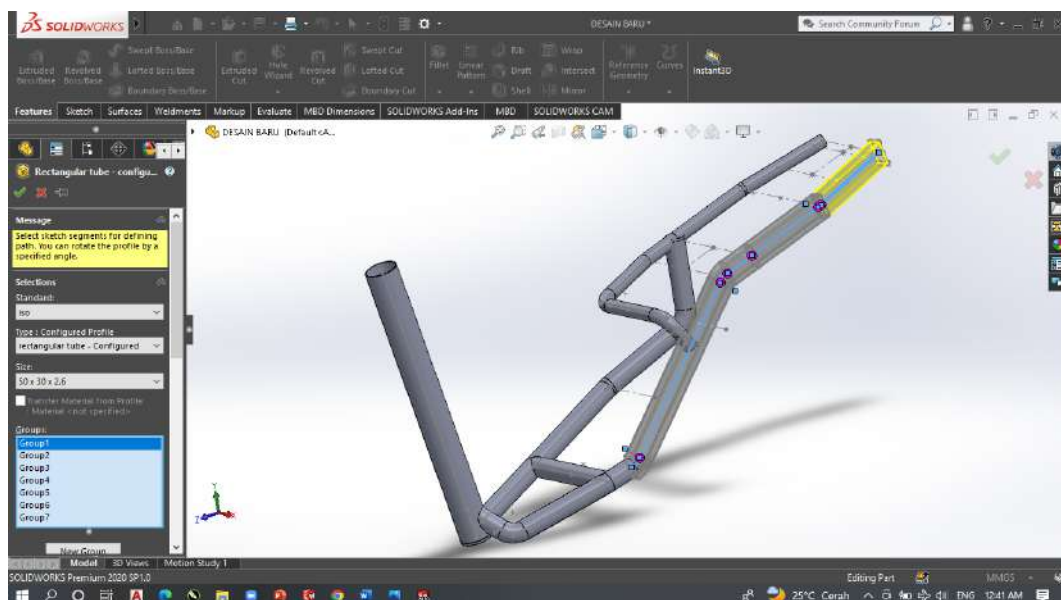


8. Membuat rangka belakang kanan. Menggunakan fungsi “structural member” kemudian memilih bahan pipa dengan ukuran $\text{Ø} 26 \text{ mm}$ dan tebal

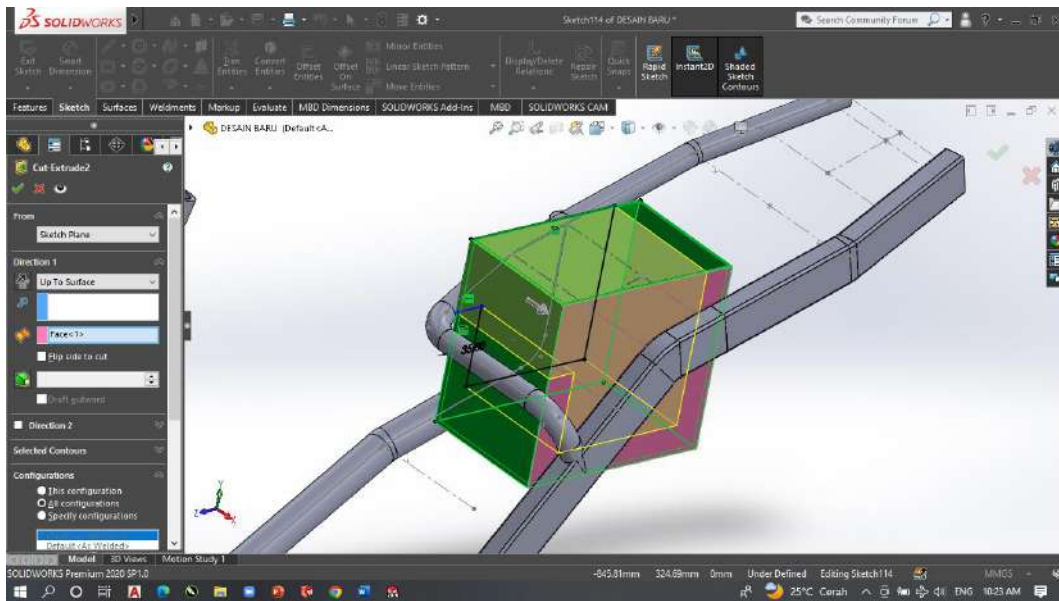
2,25 mm. lalu klik sketsa rangka belakang kanan yang menggunakan bahan dan ukuran yang sama.



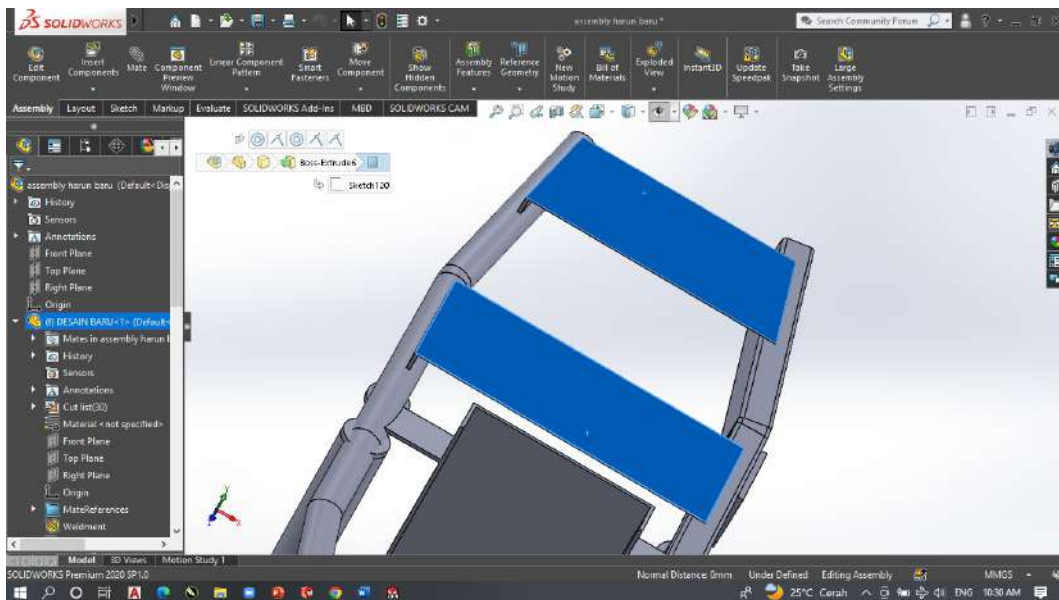
9. Membuat rangka bagian kiri. Menggunakan fungsi “structural member” kemudian memilih tipe rectangular tube dengan ukuran 50x26 mm dengan ketebalan 2,25 mm. lalu klik pada skect rangka belakang kiri.



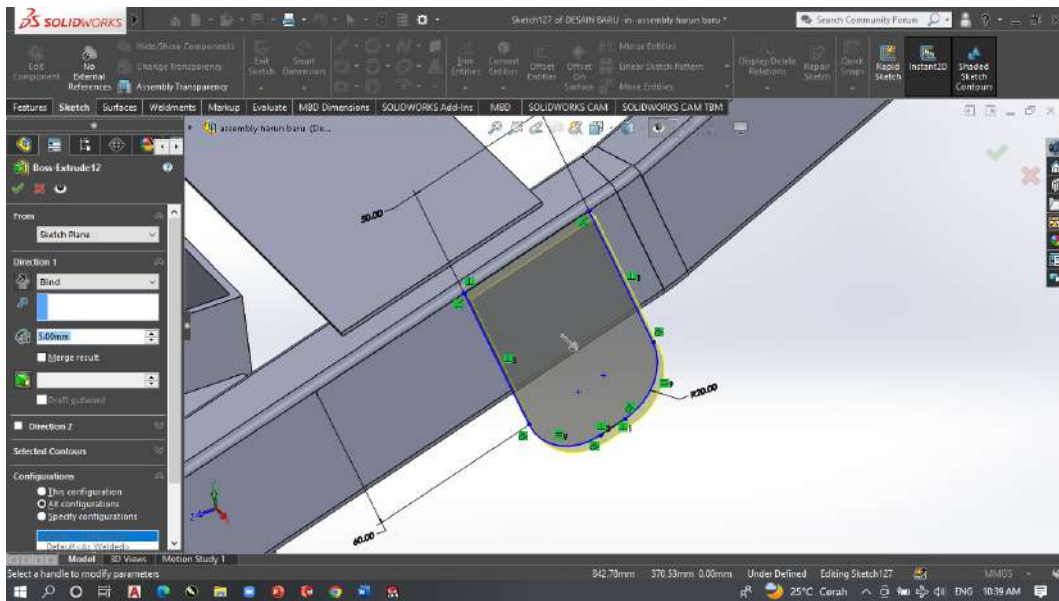
10. Membuat dudukan baterai. Menggunakan fungsi “cut extrude” dengan memperhatikan ukuran baterai yaitu 23x15,5x26 cm.



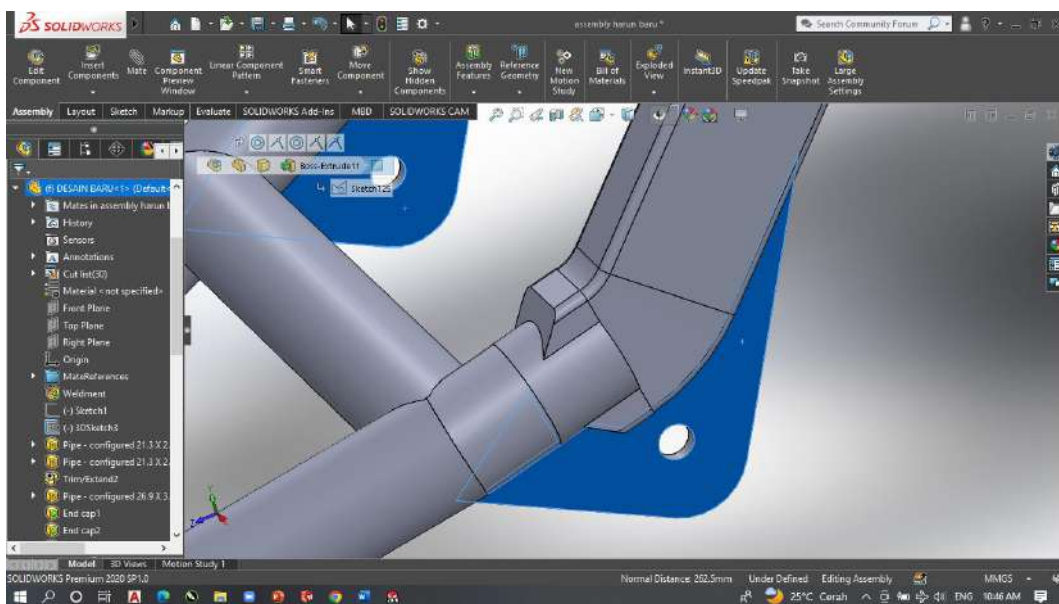
11. Membuat dudukan controller dan dudukan jok bagian belakang. Menggunakan fungsi “boss extrude” dengan ukuran panjang yang menyesuaikan dengan rangka kiri dan kanan dan ukuran tinggi 3 mm.



12. Membuat dudukan shock belakang. Menggunakan fungsi “boss extrude” dengan ukuran 50x80 mm dengan ketebalan 3 mm. kemudian melakukan fillet pada sudut bawah.



13. Membuatudukan lengan ayun. Menggunakan fungsi “boss extrude” terhadap bentuk yang telah di sketsakan. Dengan ketebalan 5 mm. kemudian membuat lubang shaft menggunakan fungsi “cut extrude” pada lingkaran dengan ukuran $\varnothing 12$ mm.



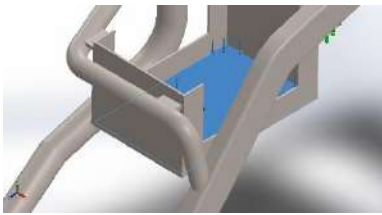
4.1.2. Hasil Simulasi Rangka Sepeda Motor Protetrik 72

1. Hasil simulasi rangka dengan titik pembebanan baterai Li-Ion 72 v

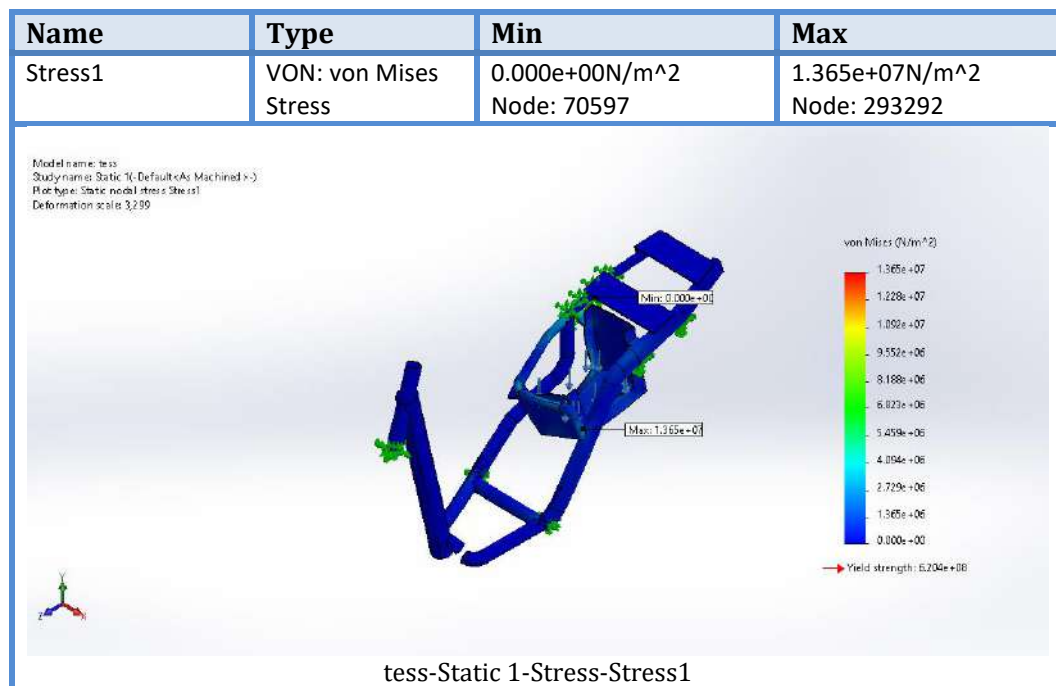
Adapun hasil simulasi rangka dengan pembebanan baterai dengan berat 15 kg yaitu sebagai berikut:

Pembebanan diposisikan padaudukan baterai yang ada pada rangka.

Tabel 4. 1. Titik Pembebanan Baterai

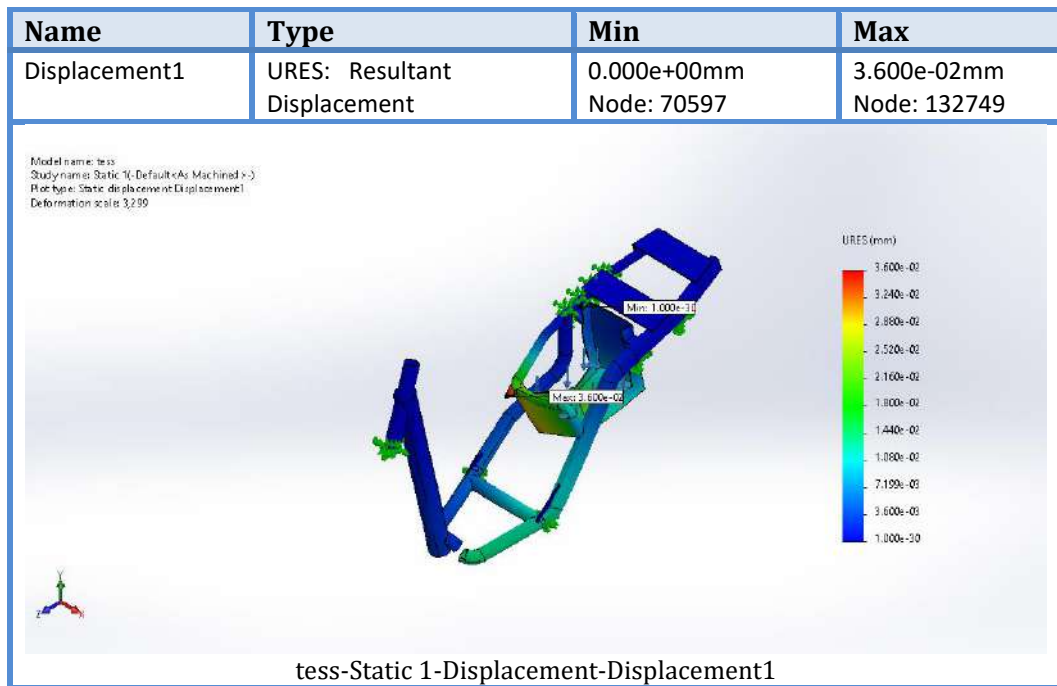
Load name	Load Image	Load Details
Baterai Li-Ion 15		Type: Apply normal force Value: 15 kgf

Hasil uji tegangan/stress pada rangka menunjukkan besar tegangan yang di alami oleh rangka berdasarkan kode warna tekanan. Dari uji simulasi yang dilakukan, tegangan minimal dan tegangan maksimal terlihat pada table berikut dimana tegangan minimal menunjukkan nilai 0.000 N/m² dan tegangan maksimal menunjukkan nilai 1.365e+07 N/m² dengan yield strength sebesar 6.204e+08 N/m²



Gambar 4. 1. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan baterai

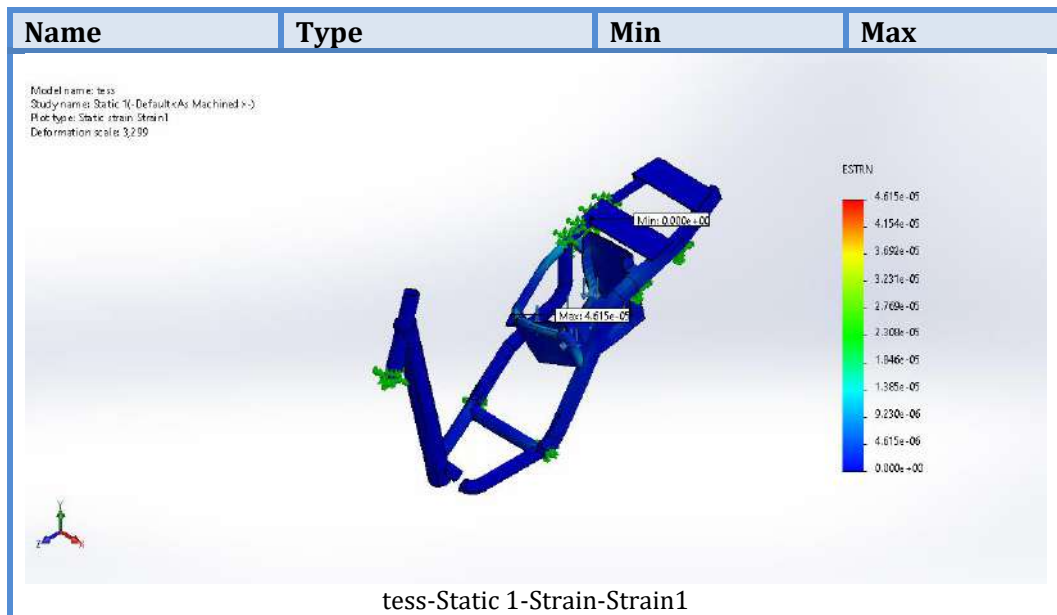
Uji deformasi/displacement dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada rangka akibat tegangan yang diterima. Besar deformasi yang terjadi pada rangka ditunjukkan pada table berikut dengan nilai deformasi minimum 0.000 mm dan nilai deformasi maksimum sebesar 3.600e-02 mm



Gambar 4. 2. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan baterai

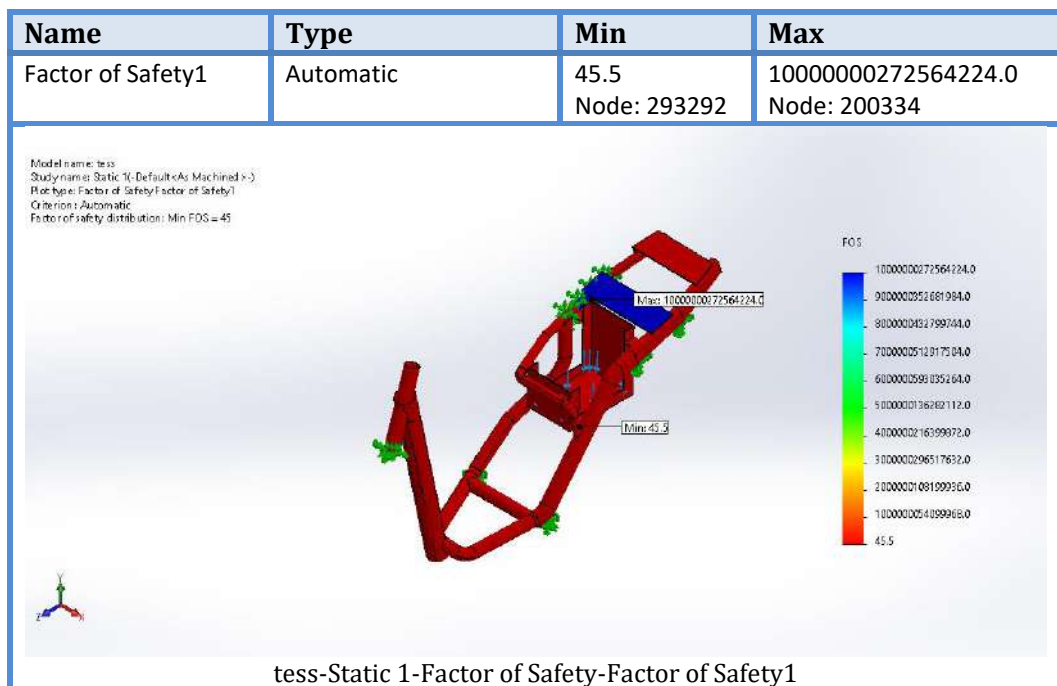
Strain/regangan yang terjadi pada rangka saat dilakukan pembebanan baterai menunjukkan nilai minimum sebesar 0.000 dan nilai maksimum sebesar 4.615e-05.

Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	0.000e+00 Element: 36595	4.615e-05 Element: 20551



Gambar 4. 3. Hasil uji regangan pada titik pembebanan baterai

Diketahui bahwa Faktor Keamanan maksimal dan minimal terlihat pada gambar berikut dimana angka faktor keamanan / factor of safety tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 45.5 FOS, sedangkan warna biru menyatakan bahwa tingkat keamanan maksimal yaitu sebesar 10000000272564224.0 FOS.

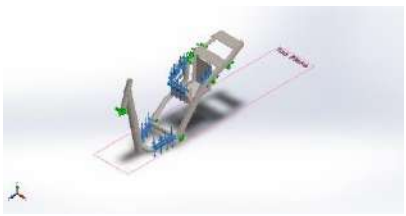


Gambar 4. 4. FOS pada titik pembebanan baterai

2. Hasil simulasi rangka dengan titik pembebanan satu orang

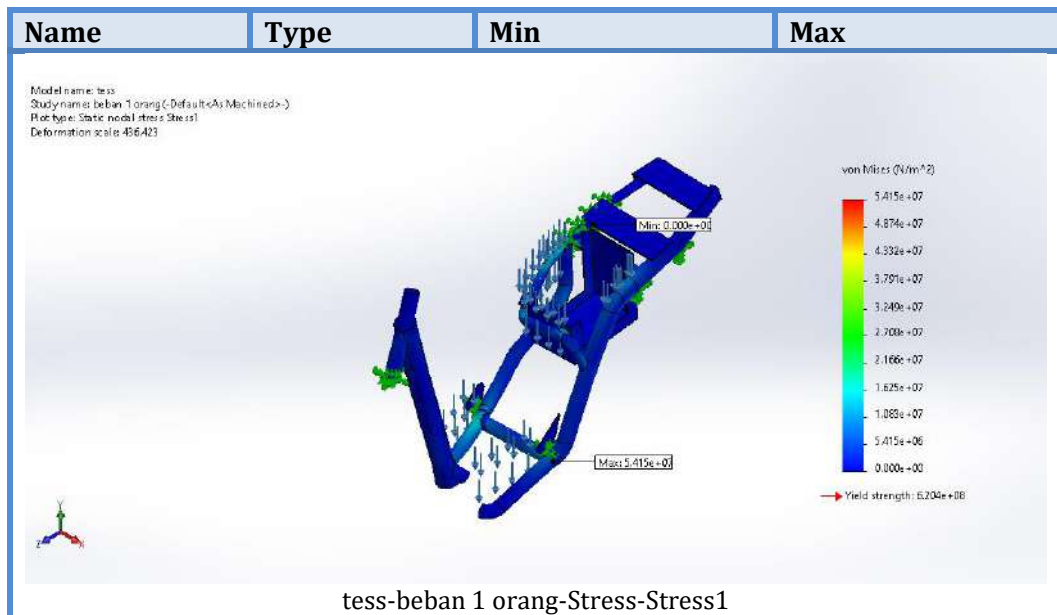
Adapun hasil simulasi rangka dengan pembebanan satu orang dengan menggunakan nilai berat rata-rata pria dewasa sebesar 63 kg yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 2. Titik pembebanan satu orang

Load name	Load Image	Load Details
Beban satu orang		<p>Reference: Top Plane</p> <p>Type: Apply force</p> <p>Values: 63 kgf</p>

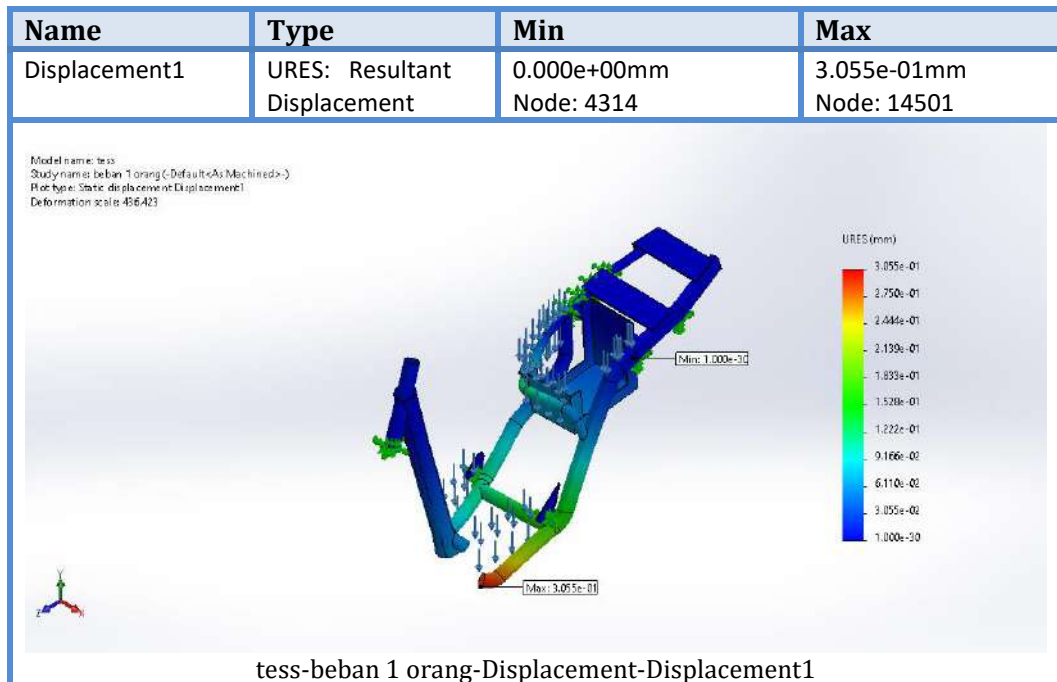
Hasil uji tegangan/stress pada rangka dengan pembebanan 63 kg menunjukkan besar tegangan yang di alami oleh rangka berdasarkan kode warna tekanan. Dari uji simulasi yang dilakukan, tegangan minimal dan tegangan maksimal terlihat pada table berikut dimana tegangan minimal menunjukkan nilai 0.000 N/m² dan tegangan maksimal menunjukkan nilai 5.415e+07 N/m² dengan yield strength sebesar 6.204 N/m²

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.000e+00N/m ² Node: 6679	5.415e+07N/m ² Node: 94671



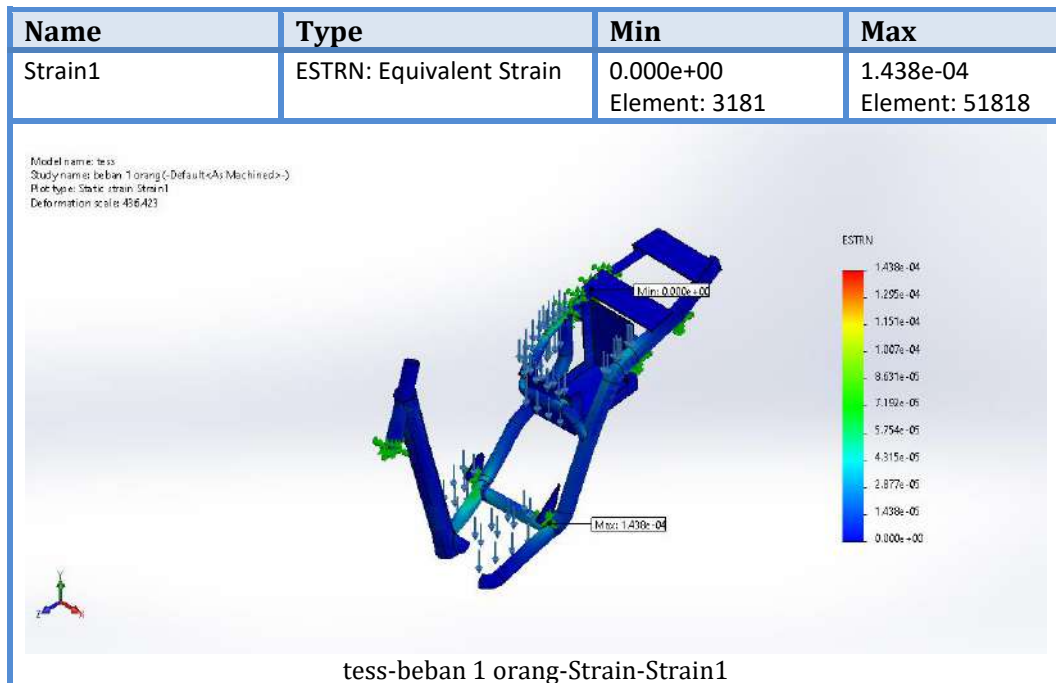
Gambar 4. 5. Hasil uji tegangan pada titik beban satu orang

Uji deformasi/displacement dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada rangka akibat tegangan yang diterima. Besar deformasi yang terjadi pada rangka ditunjukkan pada table berikut dengan nilai deformasi minimum 0.000 mm dan nilai deformasi maksimum sebesar 3.055 mm.



Gambar 4. 6. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan satu orang

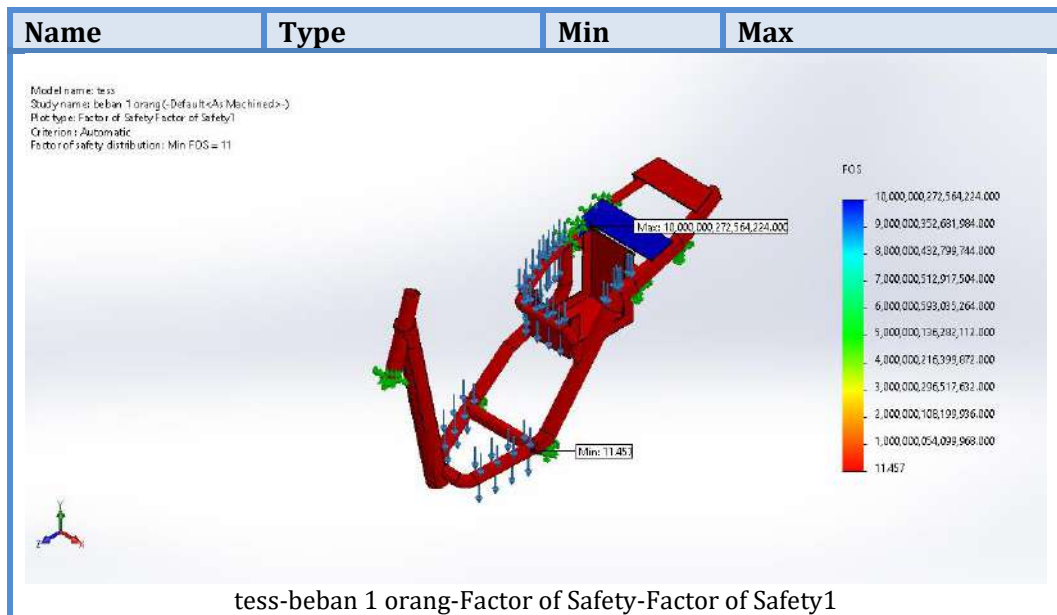
Strain/regangan yang terjadi pada rangka saat dilakukan pembebanan 63 kg menunjukkan nilai minimum sebesar 0.000 dan nilai maksimum sebesar 1.438e-04.



Gambar 4. 7. Hasil uji regangan pada titik pembebanan satu orang

Diketahui bahwa Faktor Keamanan maksimal dan minimal terlihat pada gambar berikut dimana angka faktor keamanan / factor of safety tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 11.457 FOS, sedangkan warna biru menyatakan bahwa tingkat keamanan maksimal yaitu sebesar 10,000,000,272,564,224.000 FOS

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	11.457 Node: 94671	10,000,000,272,564,224.000 Node: 172628



Gambar 4. 8. FOS pada titik pembebanan satu orang

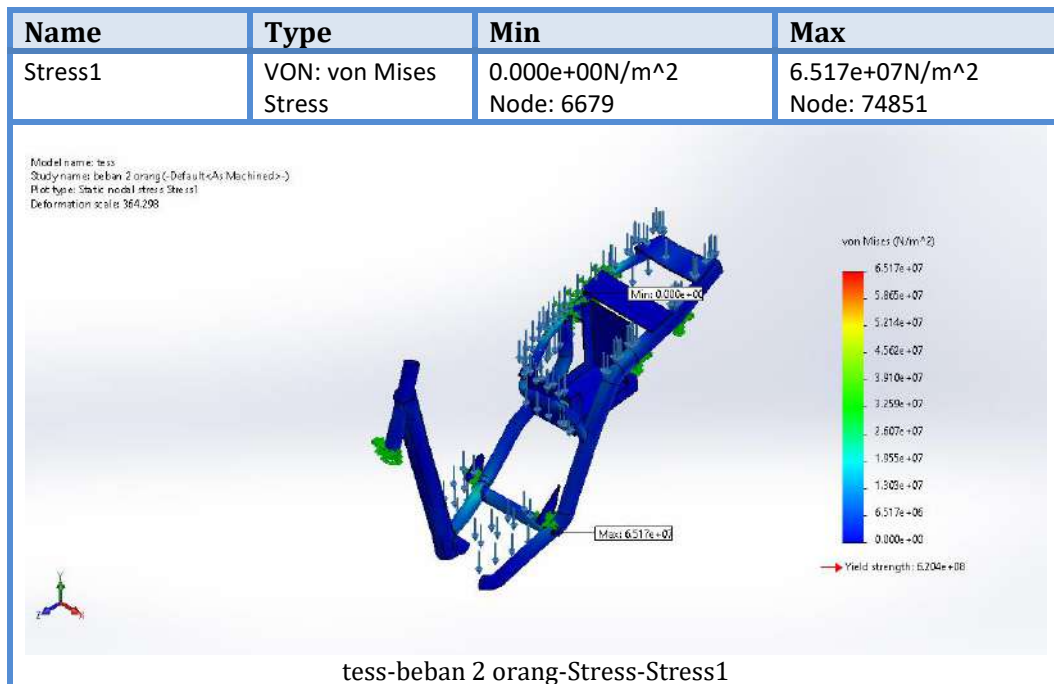
3. Hasil simulasi rangka dengan titik pembebanan dua orang

Adapun hasil simulasi rangka dengan pembebanan dua orang dengan berat 126 kg yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 3. Titik pembebanan dua orang

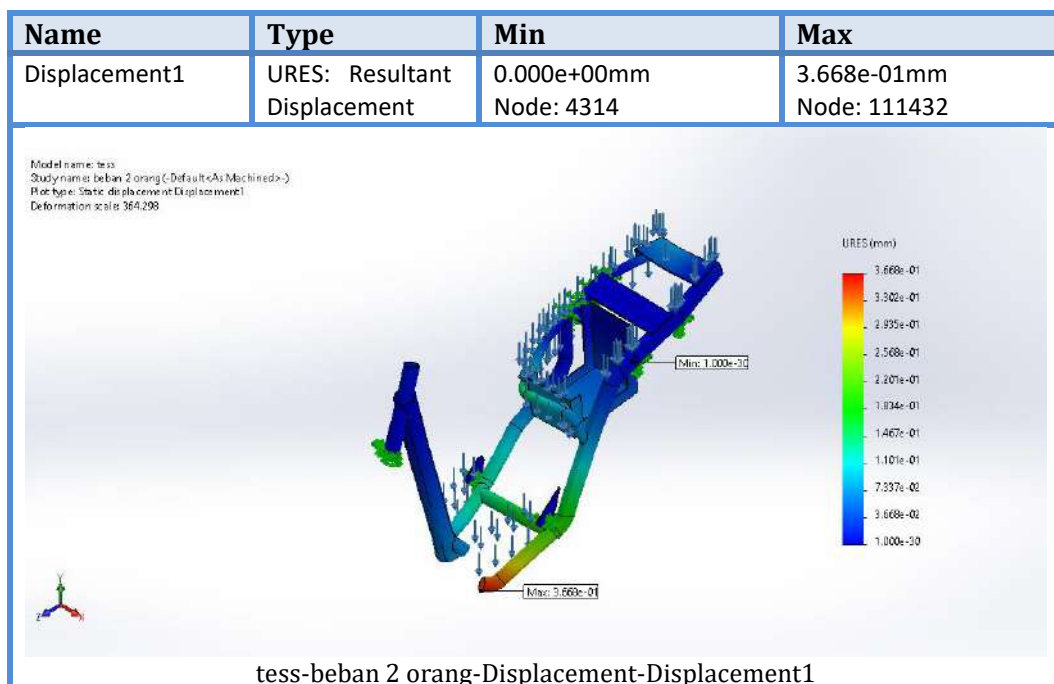
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 14 face(s), 1 plane(s) Reference: Top Plane Type: Apply force Values: 126 kgf

Hasil uji tegangan/stress pada rangka dengan pembebanan 126 kg menunjukkan besar tegangan yang di alami oleh rangka berdasarkan kode warna tekanan. Dari uji simulasi yang dilakukan, tegangan minimal dan tegangan maksimal terlihat pada table berikut dimana tegangan minimal menunjukkan nilai 0.000e+00 N/m² dan tegangan maksimal menunjukkan nilai 6.517e+07 N/m² dengan yield strength sebesar 6.204e+08 N/m²



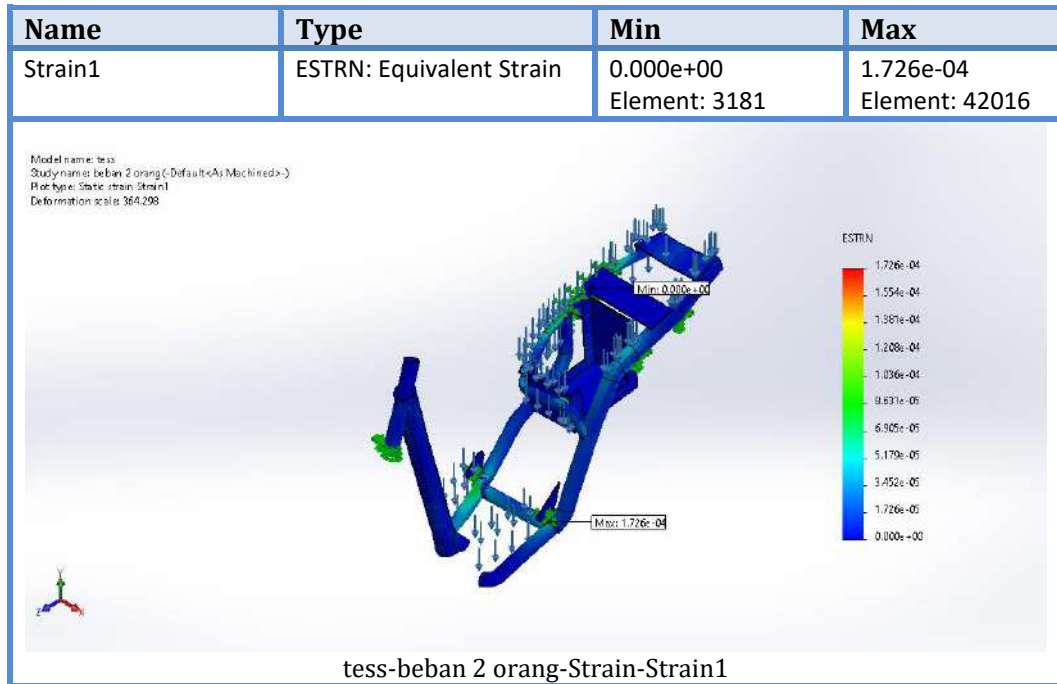
Gambar 4. 9. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan dua orang

Uji deformasi/displacement dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada rangka akibat tegangan yang diterima. Besar deformasi yang terjadi pada rangka ditunjukkan pada table berikut dengan nilai deformasi minimum 0.000e+00 mm dan nilai deformasi maksimum sebesar 3.668e-01 mm.



Gambar 4. 10. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan dua orang

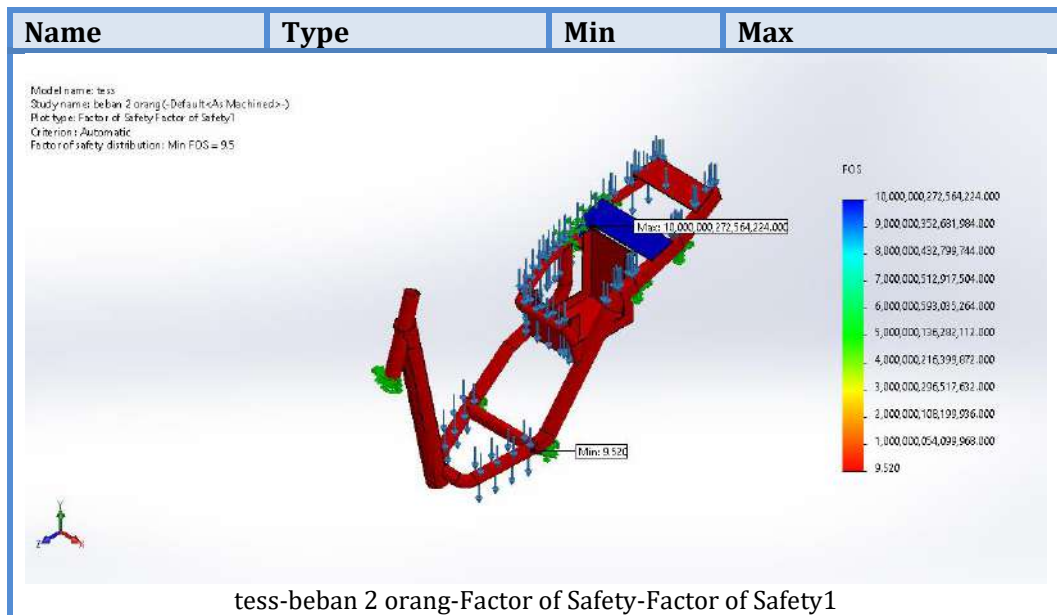
Strain/regangan yang terjadi pada rangka saat dilakukan pembebanan 126 kg menunjukkan nilai minimum sebesar 0.000e+00 dan nilai maksimum sebesar 1.726e-04.



Gambar 4. 11. Hasil uji regangan pada titik pembebanan dua orang

Diketahui bahwa Faktor Keamanan maksimal dan minimal terlihat pada gambar berikut dimana angka faktor keamanan / factor of safety tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 9.520 FOS, sedangkan warna biru menyatakan bahwa tingkat keamanan maksimal yaitu sebesar 10,000,000,272,564,224.000 FOS

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	9.520 Node: 74851	10,000,000,272,564,224.000 Node: 172628



Gambar 4. 12. FOS pada titik pembebanan dua orang

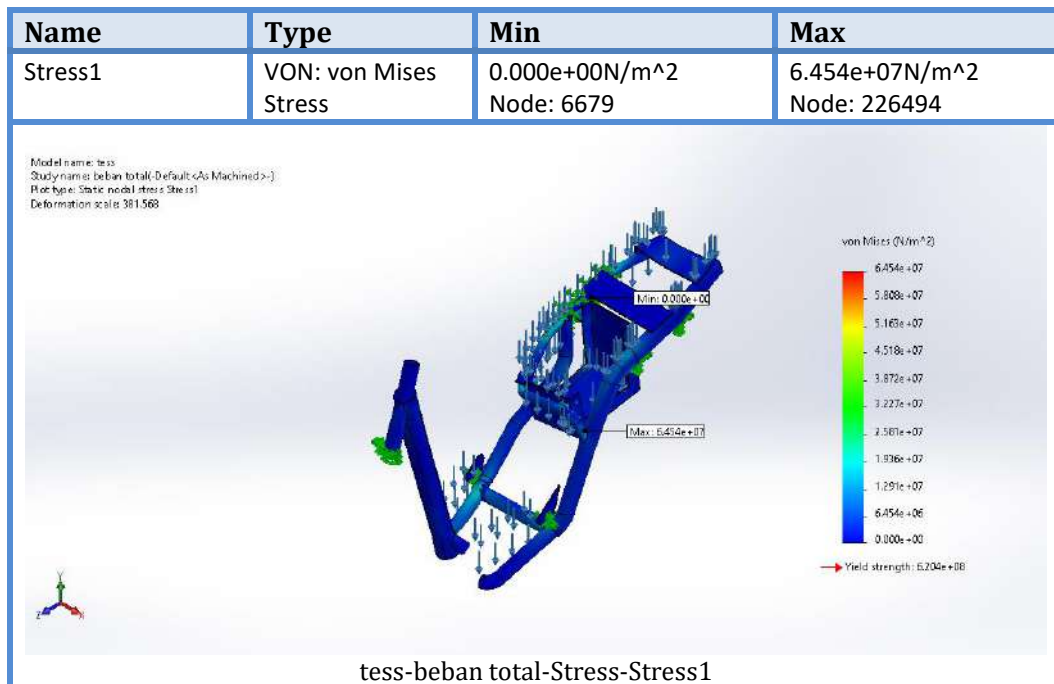
4. Hasil simulasi rangka dengan titik pembebanan keseluruhan

Adapun hasil simulasi rangka dengan titik pembebanan keseluruhan 141 kg yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 4. Titik pembebanan keseluruhan

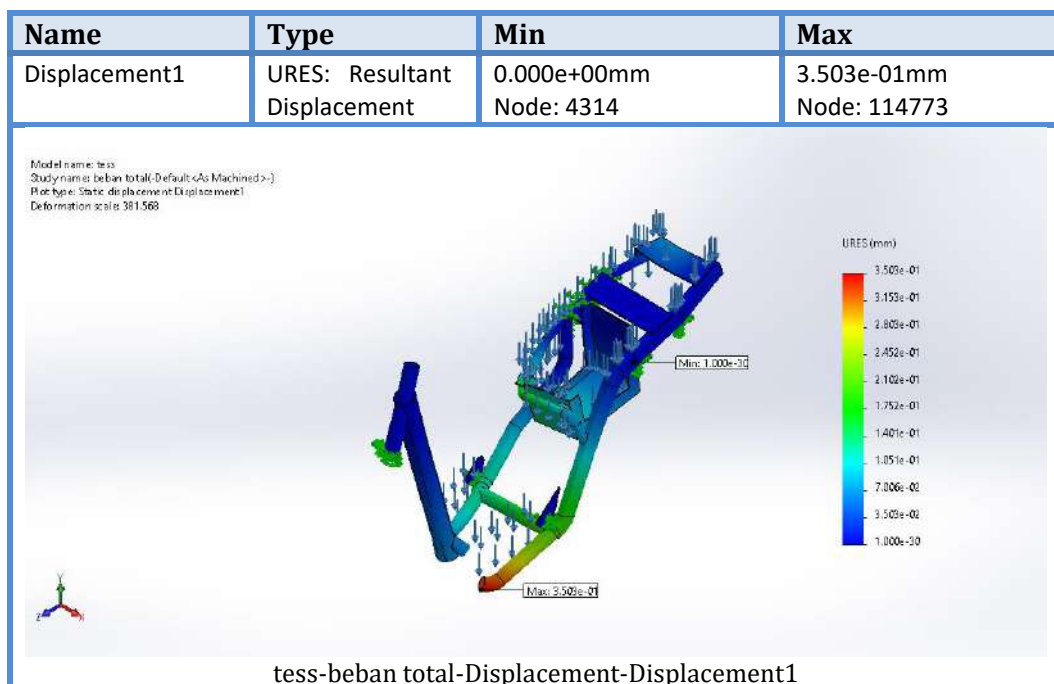
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Reference: Top Plane Type: Apply force Values: 141 kgf

Hasil uji tegangan/stress pada rangka dengan pembebanan 141 kg menunjukkan besar tegangan yang di alami oleh rangka berdasarkan kode warna tekanan. Dari uji simulasi yang dilakukan, tegangan minimal dan tegangan maksimal terlihat pada table berikut dimana tegangan minimal menunjukkan nilai 0.000e+00 N/m² dan tegangan maksimal menunjukkan nilai 6.454e+07 N/m² dengan yield strength sebesar 6.204e+08 N/m²



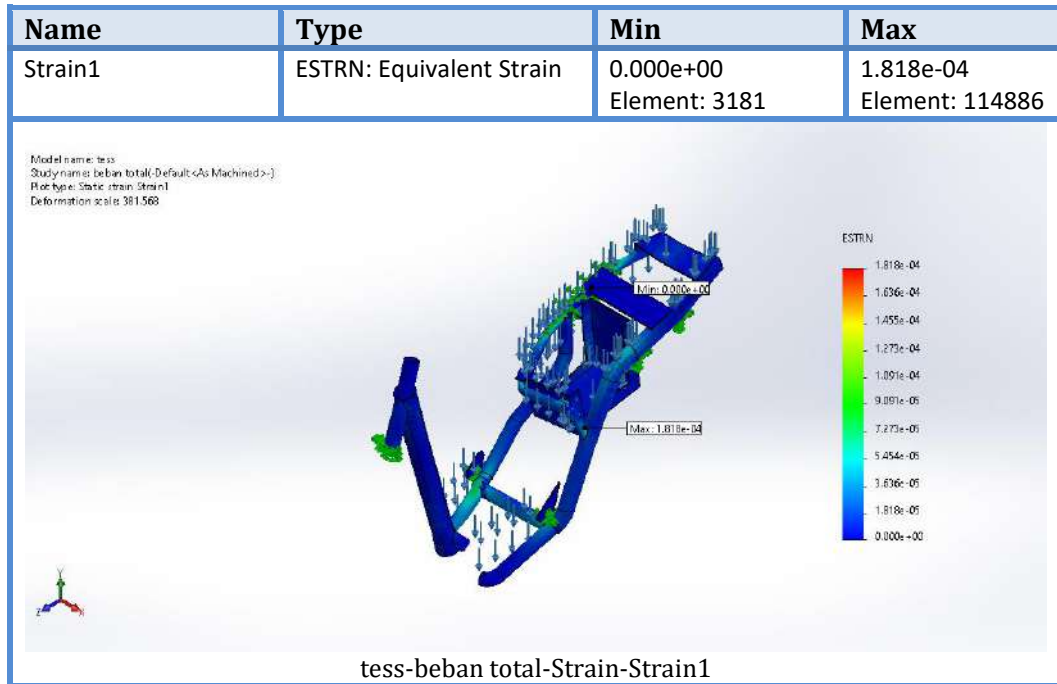
Gambar 4. 13. Hasil uji tegangan pada titik pembebanan keseluruhan

Uji deformasi/displacement dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada rangka akibat tegangan yang diterima. Besar deformasi yang terjadi pada rangka ditunjukkan pada table berikut dengan nilai deformasi minimum 0.000e+00 mm dan nilai deformasi maksimum sebesar 3.503e-01 mm.



Gambar 4. 14. Hasil uji deformasi pada titik pembebanan keseluruhan

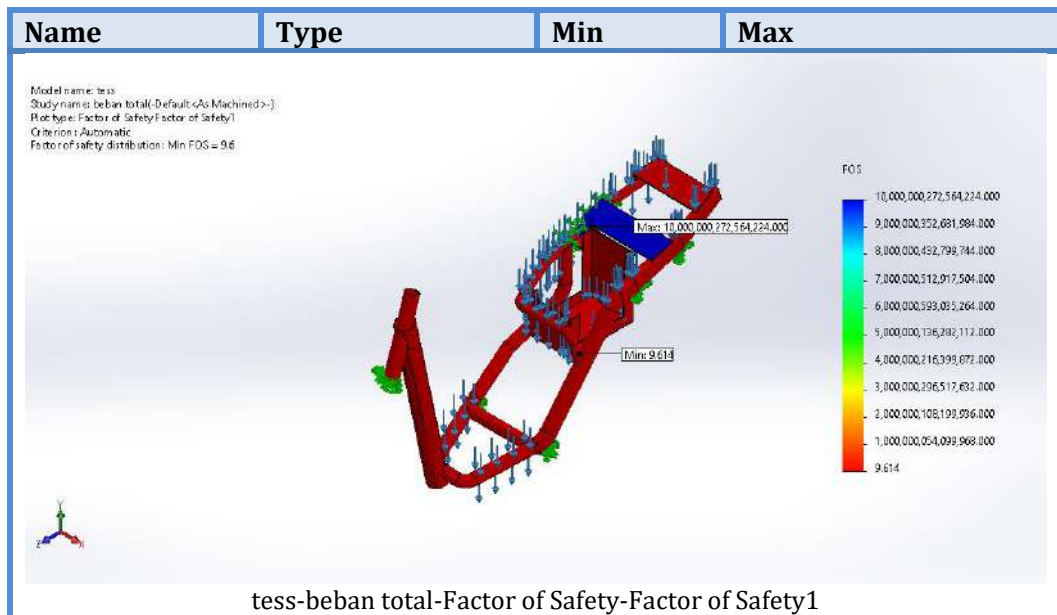
Strain/regangan yang terjadi pada rangka saat dilakukan pembebanan 141 kg menunjukkan nilai minimum sebesar 0.000e+00 dan nilai maksimum sebesar 1.818e-04.



Gambar 4. 15. Hasil uji regangan pada titik pembebanan keseluruhan

Diketahui bahwa Faktor Keamanan maksimal dan minimal terlihat pada gambar berikut dimana angka faktor keamanan / factor of safety tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 9.614 FOS, sedangkan warna biru menyatakan bahwa tingkat keamanan maksimal yaitu sebesar 10,000,000,272,564,224.000 FOS

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	9.614 Node: 226494	10,000,000,272,564,224.000 Node: 172628



Gambar 4. 16. FOS pada titik pembebanan keseluruhan

4.2. Pembahasan

4.2.1. Tegangan / Stress

Dari hasil simulasi tegangan pada pembebanan baterai, pembebanan satu orang, pembebanan dua orang dan pembebanan keseluruhan didapatkan table berikut:

Tabel 4. 5. Tegangan / stress

No	Titik Pembebanan	Berat Beban (kg)	Tegangan / Stress max (N/m ²)	Yield strength
1	Baterai	15	1.365	6.204
2	Satu orang	63	5.415	6.204
3	Dua orang	126	6.517	6.204
4	Keseluruhan	141	6.454	6.204

Berdasarkan table simulasi tegangan / stress didapatkan tegangan maksimal yang terjadi pada titik pembebanan baterai 15 kg sebesar 1.365 N/m², pada titik pembebanan satu orang dengan berat 63 kg nilai tegangan maksimum sebesar 5.415 N/m², pada titik pembebanan dua orang dengan berat 126 kg nilai tegangan

maksimum sebesar 6.517 N/m², dan pada titik pembebanan keseluruhan dengan berat 141 kg mendapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 6.454 N/m².

4.2.2. Deformasi / Displacement

Dari hasil simulasi deformasi pada pembebanan baterai, pembebanan satu orang, pembebanan dua orang dan pembebanan keseluruhan didapatkan table berikut:

Tabel 4. 6. Deformasi / displacement

No	Titik Pembebanan	Pembebanan (kg)	Deformasi / Displacement max (mm)
1	Baterai	15	3.600
2	Satu orang	63	3.055
3	Dua orang	126	3.668
4	Keseluruhan	141	3.503

Berdasarkan table deformasi / displacemen pada pembebanan yang dilakukan terhadap rangka didapatkan deformasi maksimum pada titik pembebanan baterai 15 kg sebesar 3.600 mm, deformasi maksimum pada titik pembebanan satu orang 63 kg sebesar 3.055 mm, deformasi maksimum pada titik pembebanan dua orang 126 kg sebesar 3.668 mm dan deformasi maksimum pada titik pembebanan keseluruhan 141 kg sebesar 3.503 mm

4.2.3. Regangan / Strain

Dari hasil simulasi regangan pada pembebanan baterai, pembebanan satu orang, pembebanan dua orang dan pembebanan keseluruhan didapatkan table berikut:

Tabel 4. 7. Regangan / Strain

No	Titik Pembebanan	Pembebanan (kg)	Regangan / Strain max (mm)
1	Baterai	15	4.615
2	Satu orang	63	1.438
3	Dua orang	126	1.726
4	Keseluruhan	141	1.818

Berdasarkan table regangan / strain pada pembebanan yang dilakukan terhadap rangka didapatkan regangan maksimum pada titik pembebanan baterai 15 kg sebesar 4.615, regangan maksimum pada titik pembebanan satu orang 63 kg sebesar 1.438, regangan maksimum pada titik pembebanan dua orang 126 kg sebesar 1.726 dan regangan pada titik pembebanan keseluruhan 141 kg sebesar 1.818.

4.2.4. Faktor Keamanan / Factor Of Safety

Uji faktor keamanan bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan rangka untuk menahan suatu beban pada seluruh bagian desain. Desain rangka dikatakan aman jika besar faktor keamanan minimum lebih dari 1 (satu).

Dari hasil pengujian tegangan berdasarkan titik pembebanan pada baterai, pembebanan satu orang, titik pembebanan dua orang dan titik pembebanan keseluruhan didapatkan table Faktor Keamanan / Factor Of Safety berikut:

Tabel 4. 8. Faktor Keamanan / Factor Of Safety

No	Titik Pembebanan	Pembebanan (kg)	FOS Min	FOS Max
1	Baterai	15	45.5	10,000,000,272,564,224.000
2	Satu orang	63	11.457	10,000,000,272,564,224.000
3	Dua orang	126	9.520	10,000,000,272,564,224.000
4	Keseluruhan	141	9.614	10,000,000,272,564,224.000

Berdasarkan table diatas didapatkan nilai FOS maksimum untuk semua simulasi titik pembebanan sebesar 10,000,000,272,564,224.000 FOS sedangkan FOS Minimum pada titik pembebanan baterai sebesar 45.5 FOS, pada titik pembebanan satu orang sebesar 11.457 FOS, pada titik pembebanan dua orang sebesar 9.520 FOS dan pada titik pembebanan keseluruhan sebesar 9.614 FOS.

Dengan melihat nilai FOS minimum disetiap simulasi titik pembebanan yang masih > 1 , oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rancangan masih dikatakan aman.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Cara membuat desain rangka motor listrik protetrik 72

Adapun tahapan proses pembuatan desain rangka sepeda motor listrik protetrik 72 yaitu sebagai berikut:

- 1) Mentukan plane dengan menggunakan right plane untuk memulai desain
- 2) Membuat sketsa 2 dimensi
- 3) Membuat sketsa 3 dimensi
- 4) Dengan memanfaatkan fungsi dari icon-icon yang ada dalam software solidwork dapat digunakan untuk memasukkan tipe dan ukuran bahan yang digunakan.
- 5) Proses terakhir adalah menentukan jenis material yang digunakan pada desain.

5.1.2. Hasil simulasi rangka sepeda motor listrik protetrik 72

Setelah dilakukan simulasi pada rangka yang telah didesain dengan titik pembebanan baterai, titik pembebanan satu orang, titik pembebanan dua orang dan titik pembebanan keseluruhan dengan hasil yield strength / batas elastisitas dengan nilai 6.204 N/m^2 dan nilai FOS minimum disetiap percobaan simulasi pembebanan masih >1 yang menandakan bahwa rancangan desain rangka yang telah dibuat masih dikatakan aman.

5.2. Saran

Dalam melakukan penelitian ini tidak sedikit kendala yang didapatkan oleh penulis maka dari itu penulis dapat memberikan saran yaitu sebagai berikut:

- Ketika ingin melakukan penelitian dengan menggunakan software solidwork diharapkan menggunakan perangkat komputer yang memiliki spesifikasi yang mumpuni.
- Menyiapkan modul pembelajaran mengenai software solidwork sebelum melakukan penelitian berbasis simulasi yang menggunakan software solidwork.
- Mengenal terlebih dahulu software yang akan digunakan ketika akan melakukan penelitian berbasis simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Karim, W. Arnandi, and A. N. Setyo. 2018. "Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kekuatan Frame Mesin Penggiling Lanting Berbasis SolidWorks," *Jurnal. Teknik Mesin Universitas Tidar*.
- Antika, I. D. A. F., & Hidayat, S. (2019). *KARAKTERISTIK ANODA BATERAI LITHIUM-ION YANG menyatukan material aktif penyusun elektroda . Binder berperan dalam menjaga*. 03(02), 114–121.
- Barus, S. 2016. Program Simulasi Pengelolaan Traktor Untuk Pengolahan Tanah Di Lahan Sawah (Studi Kasus : Kecamatan Perbaungan Kabupaten Serdang Berdagai). [Skripsi]. Program Studi Keteknikan Pertanian USU, Medan.
- C. Putro Indro Suseno, "Analisa Distribusi Tegangan Sistem Sambungan Pada Knock Down River Ferry", vol. 6. 2017.
- Gunawan, I. (2009). Perencanaan Mesin dan Analisa Statik Rangka Mesin Pencacah Rumput Gajah dengan Menggunakan Software CATIA V5. Skripsi Program Studi Teknik Mesin.
- H. Eka Aprillian and Dzulkiflih "Kajian Sifat Mekanik Aluminium Paduan Seri 7075 Dengan Perlakuan Termal" ISSN : 2302-4313 Prodi Fisika Jurusan Fisika 2017, vol. 06, pp. 6–13, 2017.
- Hastuti, S., Ramadhani, W., & Mulyaningsih, N. (2022). *Jurnal Foundry : Politeknik Manufaktur Ceper ANALISIS KEKUATAN PADA RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK*. 5(2), 1–11.
- Laksmi Kusuma Wardani. (2003). Evaluasi Ergonomi Dalam Perancangan Desain. *Dimensi Interior*, 1(1), 61–73.
<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/int/article/view/16034>
- Logho, A. A., & Hasan, I. K. (2018). Rancang Bangun Alat Penimbang Buah Otomatis Berbasis PLC. *S, July*, 1–23.

- Muljati, S., dkk. (2017). Gambaran Median Tinggi Badan Dan Berat Badan Menurut Kelompok Umur Pada Penduduk Indonesia Yang Sehat Berdasarkan Hasil Riskesdas 2013. *Jurnal Penelitian Gizi dan Makanan*. Volume 39. 137-144.
- Nugraheny, D., Poerwanto, E., & Wicaksono, T. T. (2015). Desain Dan Simulasi Interior Kabin Penumpang Pesawat Boeing 737-300. *Compiler*, 4(2). <https://doi.org/10.28989/compiler.v4i2.95>
- Pramono, G. E., Hidayat, A., & Waluyo, R. (2020). Perancangan dan Simulasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe Trellis Menggunakan Finite Element Analysis. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 5(2), 319. <https://doi.org/10.31544/jtera.v5.i2.2020.319-326>
- Sadikin, A. (2013). Perancangan Rangka Chasis Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan Software 3D Siemens Nx8. *Universitas Negeri Semarang*, 72.
- Saiful Mubarak. 2019. Pengaruh Variasi Material Dan Beban Terhadap Tegangan Dan Faktor Keamanan Pada Desain Pencakar Inner Puller Bearing Berbasis Simulasi Menggunakan Solidworks. Universitas Negeri Semarang.
- Sulaiman. 2022. Desain Dan Simulasi Crane Portable Kapasitas 5 Ton Menggunakan Aplikasi Solidworks 2020 Di Makassar New Port. *Universitas Fajar*.
- Suwandi, A., Wibisana, M. G., & ... (2018). Manufaktur Prototipe Konstruksi Rangka Sepeda Motor Listrik Kapasitas 1 kW dengan Penggerak Roda Belakang. *Semrestek ...*, 686–691.
- Tawakal, C. U. 2022 “11 Jenis Rangka Motor Yang Perlu Anda Katahui”, <https://www.suara.com/otomotif/2022/08/26/070000/11-jenis-rangka-motor-yang-perlu-anda-ketahui>, diakses pada 16 September 2022. Pukul 19.42
- Velten, K. 2009. *Mathematical Modeling and Simulation – Introduction for Scientists and Engineers*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.

Vicky Dewo Prakoso. 2017. Pengenalan Dasar Solidworks. (<https://docplayer.info/94364524-Pengenalan-dasarsolidworks.html>, diakses 17 Agustus 2020)

Wibowo, P. T. J. 2021. “Sejarah Sepeda Motor Listrik Sejak Abad Ke-19”, <https://www.idntimes.com/automotive/motorbike/patrick-trusto-jati-wibowo/sejarah-sepeda-motor-listrik-sejak-abad-ke>, diakses pada 15 September 2022 Pukul. 15.23