

Perancangan Sepeda Roda Tiga Model Tadpole Untuk Penyandang Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Heidar Rafid Azzindan¹, Rosadila Febritasari², Sibut³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
Email: heidarra87@gmail.com

ABSTRAK

Penyandang disabilitas adalah setiap orang yang mengalami keterbatasan fisik lantaran bencana kecelakaan dan sebagainya, sehingga menyebabkan kesulitan dalam berjalan dan dapat mengganggu kegiatan sehari-hari. Perancangan sepeda roda tiga dengan sistem model reverse trike atau tadpole design yang menggunakan dua roda di depan dan satu roda di belakang dilakukan dengan bantuan opensource CAD Software yaitu Solidworks. Dalam proses perancangan model reverse trike atau tadpole design lebih mudah dan murah sehingga lebih disukai, disamping kestabilan arah dan keamanan berkendara yang lebih baik, sehingga mempermudah penyandang disabilitas cacat kaki untuk menaikinya tanpa bantuan orang lain. Penelitian ini dilakukan untuk merancang sepeda roda tiga dengan model reverse trike. Untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi dan faktor keamanan yang terjadi pada sepeda roda tiga setelah mendapatkan pembebanan maka simulasi metode elemen hingga (MEH) pada sepeda menggunakan software Ansys Workbench. Dari hasil pengujian didapatkan nilai equivalent stress maksimal sebesar 65,427 MPa, nilai equivalent stress minimal sebesar 0,0013438 MPa dan nilai equivalent stress rata-rata sebesar 2,7315 MPa. Nilai total deformation maksimal sebesar 0,67139 mm, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm dan nilai rata-rata total deformation sebesar 0,29788 mm. Nilai safety factor maksimal sebesar 15, nilai safety factor minimal sebesar 4,1268 dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,992.

Kata Kunci: Disabilitas, Sepeda Roda Tiga, Tadpole, MEH

ABSTRACT

A person with a disability experiences physical limitations due to accidents, genetics, and others, causing difficulty in walking and interfering with daily activities. The design of a tricycle with a reverse trike model system or tadpole design that uses two wheels in front and one wheel at the back is done with SolidWorks, an open-source CAD Software. The design of the reverse trike or tadpole design model is easier and cheaper, so it is preferred. In addition, directional stability and riding safety are better, making it easier for people with leg disabilities to ride without the help of others. This study was conducted to design a tricycle with a reverse trike model. A Finite Element Method (FEM) simulation was carried out on the bicycle using Ansys Workbench software to determine the stress distribution, deformation and safety factor that occurs in the tricycle after loading. From the test results, the maximum equivalent stress value is 65.427 MPa, the minimum equivalent stress value is 0.0013438 MPa, and the average equivalent stress value is 2.7315 MPa. The maximum total deformation value is 0.67139 mm, the minimum total deformation value is 0 mm, and the average total deformation value is 0.29788 mm. The maximum safety factor value is 15, the minimum safety factor value is 4.1268, and the average safety factor value is 14.992.

Keywords: Disability, Tricycle, Tadpole, FEM

PENDAHULUAN

Penyandang disabilitas adalah setiap orang yang mengalami keterbatasan fisik (baik bawaan maupun sejak lahir) lantaran bencana kecelakaan dan sebagainya, sehingga menyebabkan kesulitan dalam berjalan dan dapat mengganggu kegiatan sehari-hari seperti halnya bekerja, sekolah, dan lain-lain. Untuk penyandang disabilitas pasti juga memiliki kebutuhan maupun keinginan untuk melakukan kegiatan seperti manusia normal pada umumnya.

Untuk saat ini beberapa masalah muncul terutama bagi penyandang disabilitas cacat fisik seperti, cacat kaki yang disebabkan kecelakaan transportasi dan kecelakaan kerja, sehingga untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti orang normal sangat sulit, terutama pada saat beraktivitas di luar rumah, seperti naik kendaraan harus dengan bantuan orang lain, jalan harus menggunakan tongkat, melakukan aktivitas harus menggunakan kursi roda, sehingga penyandang disabilitas dengan kondisi cacat tersebut mudah sekali kelelahan dengan melihat kondisi jalan yang tidak mungkin sempurna.

Oleh karena itu penulis ingin melakukan desain untuk perancangan sepeda roda tiga dengan sistem model reverse trike atau tadpole design yang menggunakan dua roda di depan dan satu roda di belakang dengan software Solidworks. Dalam proses pengerjaan untuk perancangan desain dengan model reverse trike atau tadpole design lebih mudah dan murah sehingga lebih disukai, disamping kestabilan arah dan keamanan berkendara yang lebih baik, sehingga mempermudah

penyanggah disabilitas cacat kaki untuk menaikinya tanpa bantuan orang lain. Setiap perancangan sepeda roda tiga akan dilakukan *stress analysis* menggunakan software Ansys Workbench untuk mendapatkan kekuatan rangka terhadap beban komponen. Mekanisme penggerak menggunakan sistem elektrik, dimana baterai sebagai sistem kelistrikan yang menggerakkan putaran dinamo untuk menghasilkan kecepatan yang signifikan dengan menggunakan sistem kabel gas sebagai pengatur kecepatan.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan perancangan rangka sepeda roda tiga model tadpole dengan menggunakan software SolidWorks, kemudian melakukan analisa kekuatan struktur rangka sepeda roda tiga terhadap pembebanan menggunakan pemrograman simulasi menggunakan software ANSYS. Variabel penelitian ini adalah sebagai berikut:

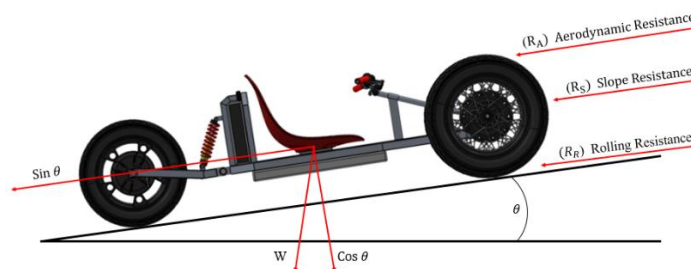
- Variabel terikat : Nilai von mises, nilai displacement, nilai safety factor
- Variabel terkontrol : Dinamo BLDC, baterai, roda 16 inch dan 14 inch, controller BLDC universal, sepeda roda tiga dengan konfigurasi tadpole, jarak down tube dengan jalan 20 cm
- Variabel bebas : Desain sepeda roda tiga model tadpole.

Prosedur dari penelitian ini, dimulai dari melakukan proses perhitungan daya motor. Gaya hambatan total kendaraan yang terdiri dari gaya hambatan aerodynamic resistance (drag), gaya hambatan tabjakan/slope resistance, gaya hambatan rolling resistance[1]. Berat total (m_t) yang digunakan adalah berat pengendara ditambah berat rangka yang terberat dan berat komponen, sebesar:

$$m_t = m_{pengendara} + m_{rangka} + m_{komponen}$$

$$m_t = 80 \text{ kg} + 7,46089 \text{ kg} + 13,25 \text{ kg}$$

$$m_t = 100,710 \text{ kg}$$



Gbr 1. Gaya pada sepeda

a. Aerodynamic resistance

untuk mengetahui nilai gaya hambatan aerodinamis dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan:

$$R_A = 0,5 \times \rho \times A_f \times C_d \times V^2 \tag{1}$$

$$R_A = 0,5 \times 1,2 \times 0,22 \times 0,24 \times 5,555^2$$

$$R_A = 0,977 \text{ N}$$

Dimana: R_A = Gaya hambatan angin

ρ = Massa jenis udara ($1,2 \text{ kg/m}^3$)

A_f = Luas frontal pengendara dan sepeda ($0,22 \text{ m}^2$) (Haidar A, 2019)

C_d = Koefisien hambatan (0,24) (Nazaruddin, 2018)

V^2 = Kecepatan relatif antara kendaraan dengan udara m/s (20 km/h)

b. Slope resistance

Gaya hambatan slope resistance dapat ditentukan dengan persamaan:

$$R_S = m_t \times g \times \sin \theta \tag{2}$$

$$R_S = 100,710 \times 9,81 \times \sin(5,71^\circ)$$

$$R_S = 98,296 \text{ N}$$

Dimana: R_S = Gaya slope resistance

m_t = massa total

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

$\sin \theta$ = Gradien kemiringan jalan ($5,71^\circ$)

c. Rolling resistance

Gaya hambatan rolling resistance dapat ditentukan dengan persamaan:

$$R_R = m_t \times g \times C_r \tag{3}$$

<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan aspal $R_R = m_t \times g \times C_r$ $R_R = 100,710 \times 9,81 \times 0,004$ $R_R = 3,951 \text{ N}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tanah kasar $R_R = m_t \times g \times C_r$ $R_R = 100,710 \times 9,81 \times 0,008$ $R_R = 7,903 \text{ N}$
--	--

Dimana: R_R = Gaya rolling resistance

m_t = massa total

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

C_r = koefisien rolling resistance ban sepeda pada jalan aspal 0,004 dan pada jalan tanah kasar 0,008 (Pratama et al, 2017)

d. Hambatan total

Setelah semua perhitungan hambatan didapat maka selanjutnya menjumlah seluruh hambatan untuk mendapatkan nilai beban hambatan total.

$$F_t = R_A + R_R \quad (4)$$

- Hambatan total pada jalan aspal datar

$$\begin{aligned} F_t &= R_A + R_R \\ F_t &= 0,977 + 3,951 \\ F_t &= 4,928 \text{ N} \end{aligned}$$

- Hambatan total pada jalan aspal menanjak

$$\begin{aligned} F_t &= R_A + R_R + R_S \\ F_t &= 0,977 + 3,951 + 98,296 \\ F_t &= 103,224 \text{ N} \end{aligned}$$

- Hambatan total pada jalan tanah datar

$$\begin{aligned} F_t &= R_A + R_R \\ F_t &= 0,977 + 7,903 \\ F_t &= 8,88 \text{ N} \end{aligned}$$

- Hambatan total pada jalan tanah menanjak

$$\begin{aligned} F_t &= R_A + R_R + R_S \\ F_t &= 0,977 + 7,903 + 98,296 \\ F_t &= 107,176 \text{ N} \end{aligned}$$

e. Daya motor

Daya motor yang dibutuhkan diperoleh dengan mengalikan beban total (F_t) dengan kecepatan (V) [2]. Kecepatan diperoleh dengan asumsi perkiraan kecepatan yang diharapkan. Pada rancangan desain sepeda roda tiga yang akan dibuat dikendarai di jalan aspal dan jalan tanah dengan dengan kecepatan 20 km/jam [3]. Maka daya motor yang dibutuhkan sebesar:

$$P = F_t \times V \quad (5)$$

- Daya motor pada jalan aspal datar

$$\begin{aligned} P &= F_t \times V \\ P &= 4,928 \times 20 \text{ km/jam} \\ P &= 4,928 \times 5,555 \text{ m/s} \\ P &= 27,375 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Daya motor pada jalan aspal menanjak

$$\begin{aligned} P &= F_t \times V \\ P &= 103,224 \times 20 \text{ km/jam} \\ P &= 103,224 \times 5,555 \text{ m/s} \\ P &= 573,409 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Daya motor pada jalan tanah datar

$$\begin{aligned} P &= F_t \times V \\ P &= 8,88 \times 20 \text{ km/jam} \\ P &= 8,88 \times 5,555 \text{ m/s} \\ P &= 49,328 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Daya motor pada jalan tanah menanjak

$$\begin{aligned} P &= F_t \times V \\ P &= 107,176 \times 20 \text{ km/jam} \\ P &= 107,176 \times 5,555 \text{ m/s} \\ P &= 595,362 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari data diatas dibutuhkan mesin dengan daya 26,725 watt sampai 577,786 watt, sedangkan motor yang akan digunakan memiliki daya 800 watt 48 Volt dan menggunakan baterai litium 48V 12A. Spesifikasi daya motor sebagai berikut:



Gbr 2. Motor BLDC 800 Watt 48 V

Nama	: BLDC motor
Power	: 800 watt
Nilai tegangan	: 48 volt
Amper ideal	: 30-35A
Lebar velg roda	: 108 mm
Ban model	: 110/60 (70)-14
Torsi	: 30-50 Nm

Kecepatan : 50 km/jam

Dengan demikian daya motor yang akan digunakan lebih besar dari daya hambatan maksimal yang diterima.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan proses perhitungan radius belok. Ketika kendaraan bergerak secara perlahan, terdapat kondisi ideal antara roda bagian dalam dan luar yang menyebabkan roda-roda tersebut untuk berbelok secara bebas atau tergelincir. Kondisi ini disebut dengan kondisi *Ackerman*[4]. Kondisi ideal bisa terjadi bila gaya sentrifugal yang dialami oleh ban sangat kecil. dalam kondisi nyata. Kondisi ideal dicapai saat kendaraan diparkir dengan kecepatan rendah (gaya sentrifugal rendah)[4].

a. Radius Sudut Belok Ideal

$$R_{ack} = \frac{a + b}{\delta_f} 57.29 \tag{6}$$

$$R_{ack} = \frac{0,756 + 0,907}{14,30} 57.29 = 6,662 \text{ m}$$

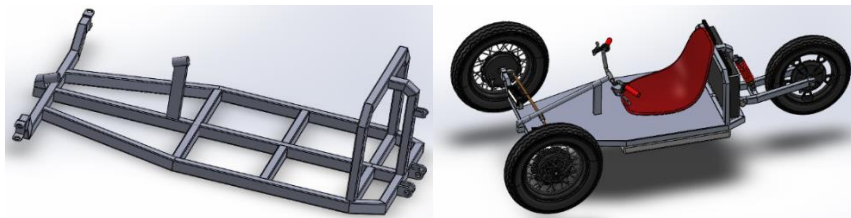
b. Perilaku Belok Kondisi Nyata

$$R_n = \frac{a + b}{\delta_f + a_r - a_f} 57.29 \tag{7}$$

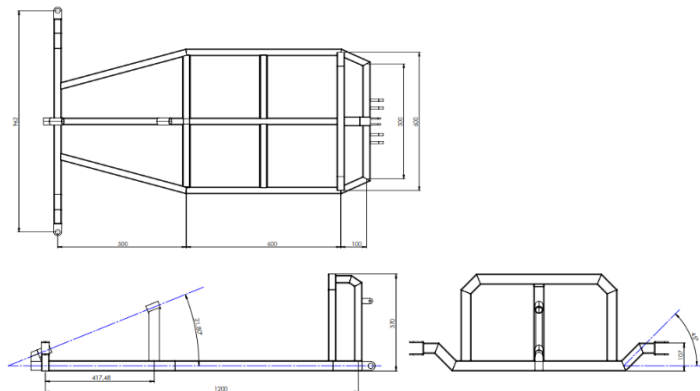
$$R_n = \frac{0,756 + 0,907}{14,30 + 47,64 - 27,69} 57.29 = 2,781 \text{ m}$$

Selanjutnya, proses mengumpulkan data tentang bentuk desain dan dimensi rangka sepeda roda tiga model tadpole. Data tersebut berupa bentuk profil yang digunakan dan geometri desain sepeda roda tiga menggunakan rancangan desain model rangka yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian dibuat sketsa sederhana untuk membuat rangka sepeda roda tiga. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mendapatkan desain rangka sepeda roda tiga yang sebaik mungkin dan pembuatan desain dilakukan dengan menggunakan software Solidwork 2018.

Berikut ini rancangan desain rangka sepeda roda tiga model tadpole:



Gbr 3. Desain rancangan model rangka, rancangan sepeda roda tiga



Gbr 5. Dimensi rangka

Setelah mendapatkan rancangan desain model rangka sepeda roda tiga, langkah selanjutnya adalah melakukan proses simulasi pada software ANSYS WORKBENCH. Langkah pertama yang harus dilakukan pada software Ansys Workbench adalah mengatur engineering data, kemudian memasukkan geometri gambar yang sudah dibuat, kemudian melakukan proses meshing dan memasukkan variabel yang diperlukan untuk menjalankan simulasi.

Pada simulasi ANSYS Workbench menggunakan fitur analysis system static structural yang digunakan untuk menghitung analisa kekuatan statis struktur dari desain rangka. Langkah pertama dalam proses simulasi adalah pemilihan jenis material yang akan disimulasikan pada desain sepeda. Material yang digunakan adalah Aluminium 6061-T6 dengan nilai densitas 2,7 g/cm³, yield strength sebesar 270 MPa dan ultimate strength sebesar 310 MPa.

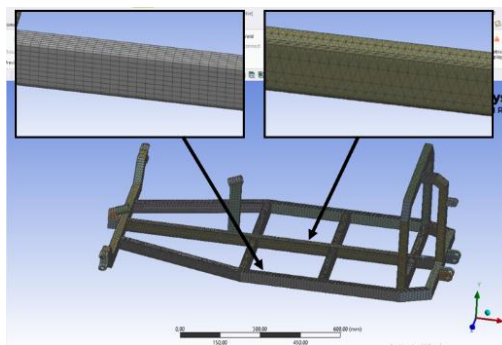
Perancangan Sepeda Roda Tiga Model Tadpole Untuk Penyandang Disabilitas Dan Simulasi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Property	Value	Unit
Material Field variables		
Density	2.7	g/cm^3
Isotropic Shear Coefficient of Thermal Expansion		
Isotropic Elasticity		
General Form		
Young's Modulus	$7.1E+10$	Pa
Poisson's Ratio	0.33	
Bulk Modulus	$1.4668E+11$	Pa
Shear Modulus	$2.6652E+10$	Pa
S-N Curve		
Tensile Yield Strength	275	MPa
Compression Yield Strength	275	MPa
Tensile Ultimate Strength	310	MPa
Compression Ultimate Strength	310	MPa

Gbr 6. Data material

Selanjutnya proses input geometri dilakukan untuk memasukkan geometri desain yang telah dibuat sebelumnya menggunakan software SolidWorks.

Kemudian proses meshing geometri rangka didapatkan proses meshing dengan element size sebesar 10 mm dengan nodes sebanyak 321.527 dan elements sebanyak 118.498, dan bentuk mesh yang dihasilkan adalah hexahedron dan tetrahedron.



Gbr 7. Meshing pada rangka

Pembebanan dilakukan sebagai salah satu tahap dari proses simulasi static structural dalam software ANSYS. Beban pengendara didistribusikan dalam struktur rangka sepeda roda tiga sesuai dengan ergonomi bentuk tubuh pengendara.

Tabel 1. Estimasi Setiap Segment Massa Pada Tubuh Manusia(Kroemer Elbert. 1990)[5]

Segment	Empirical equation	Standard error of estimate
Head	$0.0306W + 2.46$	0.43
Head and neck	$0.0534W + 2.33$	0.60
Neck	$0.0146W + 0.60$	0.21
Head, neck and torso	$0.5940W - 2.20$	2.01
Neck and torso	$0.5582W - 4.26$	1.72
Total arm	$0.0505W + 0.01$	0.35
Upper arm	$0.0274W - 0.01$	0.19
Forearm and hand	$0.0233W - 0.01$	0.20
Forearm	$0.0189W - 0.16$	0.15
Hand	$0.0055W + 0.07$	0.07
Total leg	$0.1582W + 0.05$	1.02
Thigh	$0.1159W - 1.02$	0.71
Shank and foot	$0.0452W + 0.82$	0.41
Shank	$0.0375W + 0.38$	0.33
Foot	$0.0069W + 0.47$	0.11

Gaya yang digunakan dalam pengujian kekuatan material rangka dapat dihitung menggunakan perhitungan empiris tersebut. Pembebanan/load tubuh pengendara yang akan ditempatkan pada rangka untuk simulasi static structural akan

ditempatkan pada 3 titik, berat pengendara yang ditetapkan sebesar $W=80$ kg, berikut perhitungan pada setiap titik pembebanan:

$$F_{p1} = (\text{Empirical equation}) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (8)$$

- a. Titik pertama adalah gaya F_{p1} , dimana gaya F_{p1} terdiri dari berat bagian tubuh kepala, leher dan batang tubuh. Perhitungan gaya F_{p1} yaitu gaya head, neck and torso ($0.5940W - 2.20$) dikali gravitasi:

$$F_{p1} = (0.5940 \times 80 + 0.20) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{p1} = 444,589 \text{ N}$$

- b. Titik kedua adalah gaya F_{p2} , dimana gaya F_{p2} terdiri dari berat bagian tubuh lengan atas, lengan bawah dan tangan. Perhitungan gaya F_{p2} yaitu gaya total arm ($0.0505W + 0.01$) dikali gravitasi:

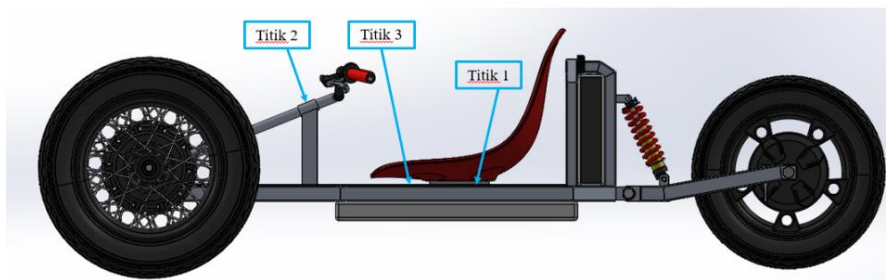
$$F_{p2} = (0.0505 \times 80 + 0.01) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{p2} = 39,730 \text{ N}$$

- c. Titik ketiga adalah gaya F_{p3} , dimana gaya F_{p3} terdiri dari berat bagian tubuh paha. Perhitungan gaya F_{p3} yaitu gaya thigh ($0.1159W - 1.02$) dikali gravitasi:

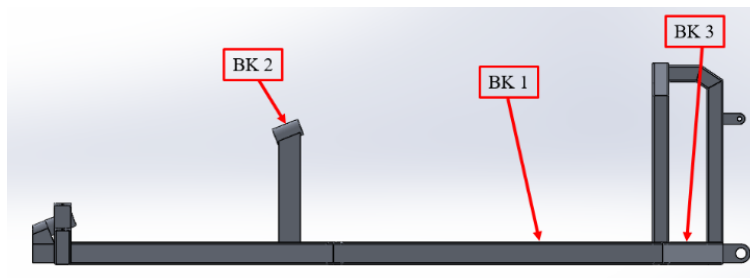
$$F_{p3} = (0.1159 \times 80 - 1.02) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{p3} = 80,592 \text{ N}$$



Gbr 8. Titik pembebanan pada rangka

Pembebanan/load dari komponen sepeda roda tiga yang ditempatkan pada rangka untuk simulasi static structural ditempatkan pada 3 titik sesuai dengan letak komponen yang ditempatkan dengan distribusi berat tersebut.



Gbr 9. Letak pembebanan komponen sepeda

Berikut komponen yang ditopang oleh rangka sepeda roda tiga beserta beratnya:

Tabel 2. Tabel berat komponen yang ditopang rangka

Komponen sepeda	Berat	Jumlah	Berat Total
Handlebar/stir	650 g	1	0,65kg
Handle rem set	350 g	2	0,7 kg
Throttle set/handel gas	500 g	1	0,5 kg
Steering column	700 g	1	0,7 kg
Kursi	3500 g	1	3,5 kg
Shockbeaker	3000 g	1	3 kg
Controller	500 g	1	0,5 kg
Baterai	3700 g	1	3,7 kg
Total	13250 g	9	13,25 kg

Titik pembebanan berat komponen (BK) pada titik satu ditempatkan di bagian tengah rangka dengan komponen termasuk kursi dan controller. Pembebanan komponen pada titik dua ditempatkan di bagian penyangga pada rangka dengan komponen meliputi handlebar, handle rem, throttle, dan steering column. pembebanan komponen pada titik tiga ditempatkan di bagian belakang rangka dengan komponen baterai.

Berat total pada titik pembebanan komponen sepeda adalah berat setiap komponen pada setiap titik pembebanan dikalikan dengan gravitasi, yaitu sebagai berikut:

$$F_{BK} = (m_{komponen}) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (9)$$

- Berat Komponen 1

$$F_{BK1} = (m_{kursi} + m_{controller}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK1} = (3,5 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK1} = 39,24 \text{ N}$$

- Berat Komponen 2

$$F_{BK2} = (m_{handlebar} + m_{handle\ rem} + m_{throttle} + m_{steering\ column}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK2} = (0,65 \text{ kg} + 0,7 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} + 0,7 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK2} = 25,015 \text{ N}$$

- Berat Komponen 3

$$F_{BK3} = (m_{baterai}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK3} = (3,7 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{BK3} = 36,297 \text{ N}$$

Setelah mendapatkan perhitungan beban, langkah selanjutnya adalah menggabungkan beban dari berat pengendara dengan berat komponen yang ditopang oleh rangka sesuai penempatan yang telah ditentukan. Penggabungan beban berat pengendara dan beban komponen sepeda roda tiga maka didapat 4 titik letak posisi pembebanan pada rangka, berikut adalah total beban pada setiap titik pembebanan rangka:

- Titik A = F_{p1} berat pengendara 1 ditambah dengan F_{BK1} berat komponen 1

$$FA = 444,589 + 39,24$$

$$FA = 483,829 \text{ N}$$

- Titik B = F_{p2} berat pengendara 2 ditambah dengan F_{BK2} berat komponen 2

$$FB = 39,730 + 25,015$$

$$FB = 64,745 \text{ N}$$

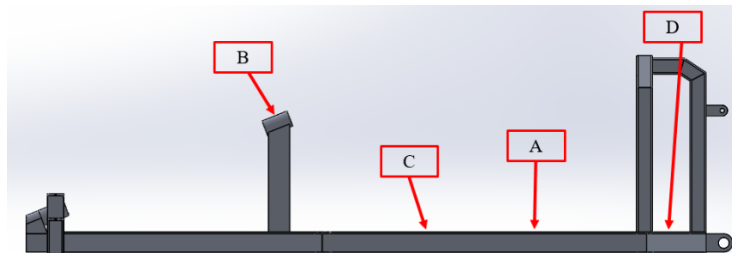
- Titik C = F_{p3} berat pengendara 3 ditambah dengan F_{BK1} berat komponen 1

$$FC = 80,592 + 39,24$$

$$FC = 120,192 \text{ N}$$

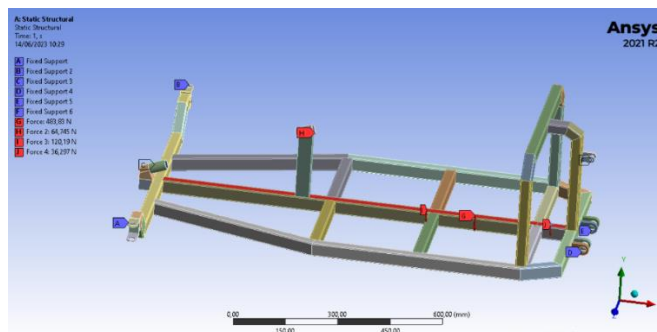
- Titik D = untuk titik D hanya berisi perhitungan F_{BK3} berat komponen 3

$$FD = 36,297 \text{ N}$$



Gbr 10. Letak pembebanan total rangka

Force (pembebanan) pada rancangan rangka titik 1 sebesar 483,829 N, titik pembebanan 2 sebesar 64,745 N, titik pembebanan 3 sebesar 120,192 N, titik pembebanan 4 sebesar 36,297 N.



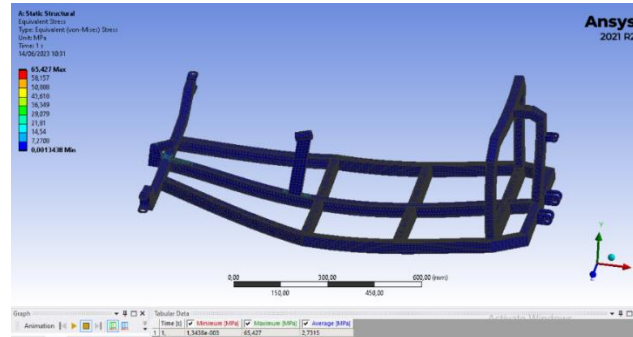
Gbr 11. Tumpuan dan pembebanan pada rangka

Tahapan selanjutnya yaitu masukkan parameter solusi yang akan digunakan untuk mengolah bentuk hasil perhitungan pada simulasi ini. Parameter yang ditetapkan meliputi: Equivalent Stress (Von-Mises) sebagai nilai distribusi tegangan, Total Deformation yang akan digunakan sebagai nilai deformasi, dan Safety Factor sebagai nilai faktor keamanan. Kemudian dilakukan proses perhitungan numerik simulasi metode elemen hingga dijalankan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dihasilkan dari simulasi merupakan gambaran dari fenomena statika struktur dari rancangan rangka. Terdapat tiga parameter hasil simulasi yang diambil antara lain distribusi tegangan, total deformasi, dan faktor keamanan. Berikut ini data yang diperoleh dari simulasi struktur rangka:

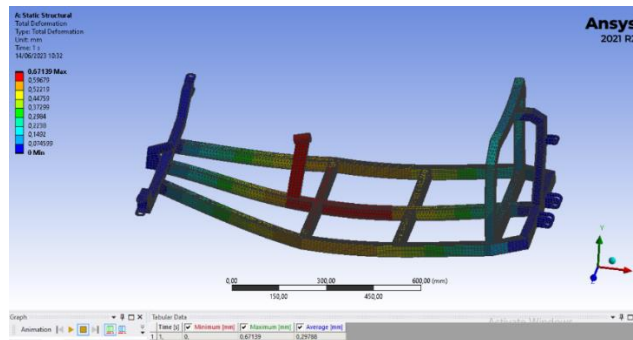
A. Nilai Distribusi Tegangan



Gbr 12. Data nilai distribusi tegangan pada rangka

Hasil simulasi distribusi tegangan pada gambar 12 mengalami tegangan dengan nilai equivalent stress maksimal sebesar 65,427 MPa berada pada bagian depan rangka dekat dengan dudukan stering column bagian depan, nilai equivalent stress minimal sebesar 0,0013438 MPa pada dudukan steering knuckle dan nilai equivalent stress rata-rata sebesar 2,7315 MPa. Hasil tegangan von mises yang dihasilkan masih dibawah kekuatan luluh atau yield strength material aluminium 6061 T6[6]. Kesimpulan dari data simulasi pada rangka tidak mengalami kegagalan struktur.

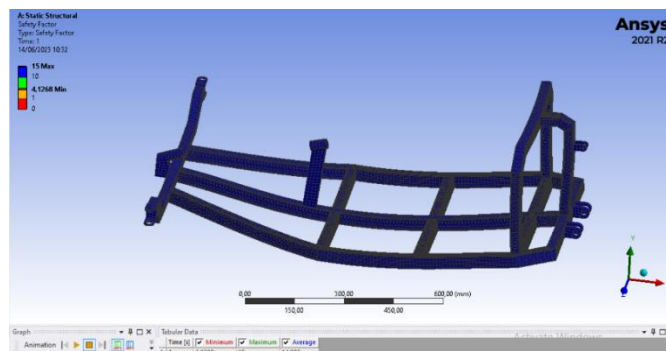
B. Nilai Deformasi



Gbr 13. Data nilai deformasi pada rangka

Nilai total deformation maksimal 0,67139 mm pada rangka bagian tengah dan dudukan stering column, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm pada bagian belakang rangka dan nilai rata-rata total deformation sebesar 0,29788 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi hasil analisis total deformation terhadap struktur rangka pada gambar 13.

C. Nilai Faktor Keamanan



Gbr 14. Data nilai faktor keamanan pada rangka

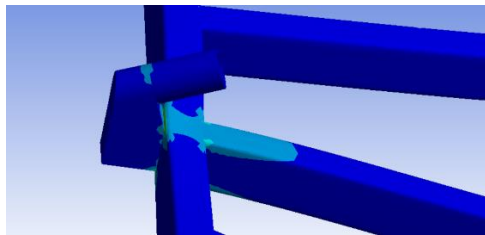
Pada gambar 14 data menunjukkan hasil simulasi faktor keamanan mendapatkan nilai faktor keamanan rangka dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15 pada bagian lengkungan rangka depan, nilai safety factor minimal sebesar 4,1268 pada rangka bagian depan tengah dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,992. Nilai faktor keamanan menunjukkan kegagalan permanen apabila kurang dari 1[7]. Kesimpulan dari analisis faktor keamanan masih dikatakan aman pada saat menerima beban.

Hasil yang diperoleh dari simulasi FEM yang dilakukan pada rangka sepeda roda tiga telah didapat data pada tabel 4. Dibawah ini.

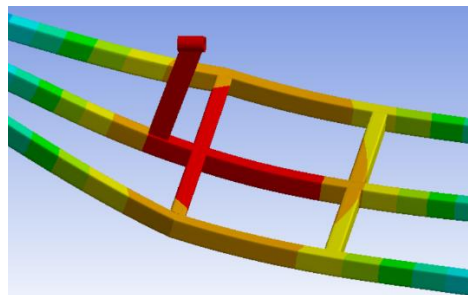
Tabel 3. Data hasil simulasi

	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	65,427	0,67139	15
Min	0,0013438	0	4,1268
Rata-rata	2,7315	0,29788	14,992

Rancangan rangka menggunakan material Aluminium Alloy 6061 T6 dengan profil rangka rectangular. Berdasarkan hasil simulasi terdapat stress maksimum pada bagian sambungan dudukan steering column dengan rangka sepeda, seperti ditunjukkan pada gambar 4.34 hal ini tidak menyebabkan kegagalan struktur karena masih dibawah kekuatan luluh atau yield strength material.



Gambar 15. Stress maksimum



Gambar 16. Deformasi maksimum

Deformasi maksimum pada bagian tengah rangka dan pada bagian dudukan steering column yang menyebabkan rangka sepeda mengalami defleksi. defleksi yang kemungkinan terjadi di bagian tengah rangka dan bagian dudukan steering column adalah bending, seperti ditunjukkan pada gambar 16 hal ini dikarenakan bentuk komponennya terlalu tipis. Karena hal tersebut, maka perlu dilakukan pembuatan profil rangka dengan ketebalan material lebih dari 2 mm supaya rangka sepeda lebih kuat dan tidak mengalami defleksi pada saat diberi beban.

KESIMPULAN

Metode perancangan desain rangka menggunakan software Solidworks dan dianalisis menggunakan Ansys untuk mengetahui nilai distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan.

Distribusi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda roda tiga model tadpole pada bagian sambungan dudukan steering column dengan rangka sepeda mendapatkan nilai equivalent stress maksimal sebesar 65,427 MPa, nilai equivalent stress minimal sebesar 0,0013438 MPa dan nilai equivalent stress rata-rata sebesar 2,7315 MPa. Hasil nilai distribusi tegangan masih dalam batas aman karena hasil simulasi indikasi warna merah hampir tidak tampak dan nilai distribusi tegangan kurang dari yield strength material sebesar 270 MPa.

Deformasi yang terjadi pada rangka sepeda roda tiga model tadpole pada bagian tengah rangka dan bagian dudukan steering column mendapatkan nilai total deformation maksimal 0,67139 mm, nilai total deformation minimal sebesar 0 dan nilai rata-rata total deformation sebesar 0,29788 mm.

Faktor keamanan pada rangka sepeda roda tiga model tadpole mendapatkan nilai maksimal sebesar 15 pada bagian lengkungan rangka depan, nilai safety factor minimal sebesar 4,1268 pada rangka bagian depan tengah dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,992. Hasil nilai faktor keamanan dinyatakan aman karena lebih besar dari 1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AJIMAN, BUDI. *Analisa Pengaruh Kekuatan Material pada Rangka Sepeda Listrik dengan Profil Rectangular Tube terhadap Material Aluminium 6061 dan Baja Aisi 1020 menggunakan Software Ansys Workbench*. 2022. PhD Thesis. ITN MALANG.
- [2] PRATAMA, Arya Budi. *Disain Dan Analisa Rangka Pada Purwarupa Sepeda Retro Hybrid*. 2017.
- [3] DE ROZARI, Aloisius; WIBOWO, Yudi Hari. Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Kemacetan Lalu Lintas Di Jalan Utama Kota Surabaya (Studi Kasus Di Jalan Ahmad Yani Dan Raya Darmo Surabaya). *JPAP: Jurnal Penelitian Administrasi Publik*, 2015, 1.01.
- [4] BUMI, Bhanu Putra. *Analisa Dynamic of Handling Kendaraan Reverse Trike Ditinjau dari Pergeseran Center of Gravity (CG)*. 2015.
- [5] Kroemer, K. H., Kroemer, H. J., Kroemer-Elbert, K. E., Kroemer, K. H., Kroemer, H. J., & Kroemer-Elbert, K. E. *Engineering Physiology*. 2010.
- [6] NAWAWI, Ghafar Amru. *Analisis Tegangan Utama Rangka Prototype Mobil Listrik TITEN Menggunakan Metode Elemen Hingga*.
- [7] XU, Qingsong; TAM, Lap Mou. *Mechanical Design of Piezoelectric Energy Harvesters: Generating Electricity from Human Walking*. Academic Press, 2021.