

## STUDI KOMPUTASI NUMERIK ANALISA STRUKTUR RANGKA PELAMPUNG SEPEDA AIR DENGAN VARIASI MATERIAL (Al-6061, GALVANIZED STEEL, STAINLESS STEEL 304)

**Akdri Bagus Zulvikar**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: akdri.20008@mhs.unesa.ac.id

**Agung Prijo Budijono**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: agungbudijono@unesa.ac.id

### Abstrak

Dalam pengembangan rangka pelampung sepeda air, pemilihan material yang tepat sangat penting untuk memastikan kemampuan menahan beban tanpa mengalami deformasi yang dapat menyebabkan kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi material yang cocok serta memberikan rekomendasi atau alternatif dalam memilih jenis material yang aman untuk menahan beban pada rangka pelampung sepeda air, termasuk beban dari unit sepeda dan penumpang sebesar 150 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material Al-6061 menghasilkan Von Mises Stress sebesar 157,74 MPa, shear stress sebesar 11,901 MPa, deformasi sebesar 15,838 mm, strain sebesar 0,00065317 mm/mm, safety factor sebesar 1,775, dan fatigue life sebesar 772.400.000 siklus. Material Galvanized Steel menghasilkan Von Mises Stress sebesar 160,2 MPa, shear stress sebesar 11,137 MPa, deformasi sebesar 5,6307 mm, strain sebesar 0,00022515 mm/mm, safety factor sebesar 1,8914, dan fatigue life sebesar 44.921.000 siklus. Sedangkan material Stainless Steel 304 menghasilkan Von Mises Stress sebesar 159,39 MPa, shear stress sebesar 11,386 MPa, deformasi sebesar 5,8322 mm, strain sebesar 0,00023462 mm/mm, safety factor sebesar 1,3489, dan fatigue life sebesar 103.090.000 siklus. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pemilihan material yang optimal untuk rangka pelampung sepeda air, dengan mempertimbangkan faktor kekuatan, deformasi, dan umur kelelahan.

**Kata Kunci:** Al-6061, Galvanized Steel, Stainless Steel 304, Rangka Pelampung Sepeda Air, Von Mises Stress

### Abstract

*In the development of water bike float frames, selecting the right material is crucial to ensure the ability to withstand loads without experiencing deformation that could cause damage. This research aims to identify suitable materials and provide recommendations or alternatives for choosing safe materials to withstand the loads applied to the water bike float frame, including the load from the bike unit and the passenger, totaling 150 kg. Test results show that Al-6061 material produces a Von Mises Stress of 157.74 MPa, shear stress of 11.901 MPa, deformation of 15.838 mm, strain of 0.00065317 mm/mm, a safety factor of 1.775, and a fatigue life of 772,400,000 cycles. Galvanized Steel material produces a Von Mises Stress of 160.2 MPa, shear stress of 11.137 MPa, deformation of 5.6307 mm, strain of 0.00022515 mm/mm, a safety factor of 1.8914, and a fatigue life of 44,921,000 cycles. Meanwhile, Stainless Steel 304 material produces a Von Mises Stress of 159.39 MPa, shear stress of 11.386 MPa, deformation of 5.8322 mm, strain of 0.00023462 mm/mm, a safety factor of 1.3489, and a fatigue life of 103,090,000 cycles. The results of this research can serve as a reference in selecting the optimal material for water bike float frames, considering factors of strength, deformation, and fatigue life.*

**Keywords:** Al-6061, Galvanized Steel, Stainless Steel 304, Water Bike Float Frame, Von Mises Stress

## PENDAHULUAN

Saat ini, bersepeda merupakan tren sekaligus gaya hidup di kalangan masyarakat Indonesia. Bersepeda menjadi salah satu pilihan olahraga yang baik karena praktis dan mudah untuk dilakukan baik anak-anak maupun orang dewasa. Bersepeda juga bermanfaat untuk menjaga dari berbagai masalah kesehatan seperti serangan jantung, stres, sendi, otot, kelebihan berat badan dan sebagainya. Lebih lanjut, bersepeda tidak hanya dilakukan di darat saja, namun juga dapat dilakukan di perairan. Sepeda air serupa dengan sepeda yang sering dijumpai di darat pada umumnya, namun memiliki keunikan karena dapat dikayuh di atas air. Kontruksi sepeda air terdiri dari rangka (frame) dan dipasang pelampung. Sepeda air menggunakan rangka sepeda darat seperti pada umumnya yang dimodifikasi ulang tanpa merubahnya secara signifikan, karena hanya menambah penyangga bawah roda. Penyangga berfungsi untuk menghubungkan rangka sepeda dengan pelampung yang mampu menampung beban pengendara dan sepeda

diatas air. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan sepeda air. Selain pelampung dan sistem penggerak, faktor komponen juga harus diperhatikan terutama rangka pelampung. Pentingnya rangka yang kokoh juga harus diimbangi dengan bobot yang ringan agar tidak memberikan beban berlebihan pada kendaraan. Selain memiliki konstruksi yang ringan namun kuat, rangka juga perlu memiliki tingkat fleksibilitas yang baik untuk dapat meredam gaya kejut yang terjadi pada kendaraan. Kemajuan teknologi informasi sangat membantu pada proses perancangan rangka penopang pelampung sepeda air agar lebih cepat dan hemat biaya, dikarenakan proses simulasinya berbasis komputasi numerik. Proses simulasi sangat membantu untuk menganalisa distribusi stress, deformasi dan strain. Variasi jenis material yang menjadi parameter rangka adalah Al-6061, Galvanized Steel, dan Stainless 304. Material tersebut digunakan karena banyaknya jenis bahan tersebut yang berada di pasaran dan sifat mekanis yang cocok digunakan di perairan salah satunya kuat dan tahan korosi.

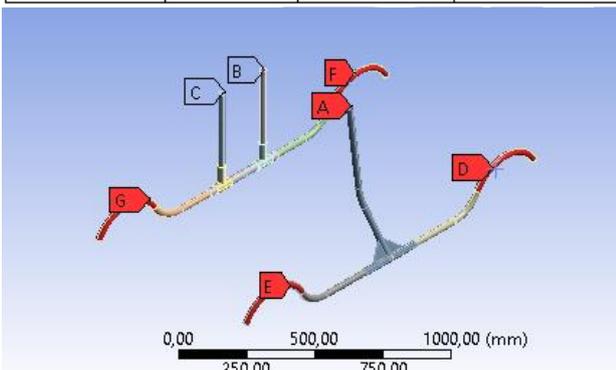
Maka dari itu diperlukannya analisa struktur rangka pelampung sepeda air dengan desain yang ada untuk mengetahui titik kritis desain material yang digunakan.

**METODE**

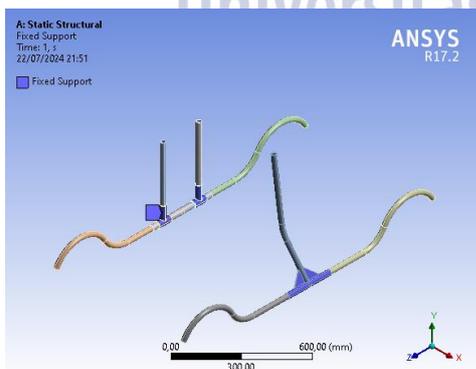
Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik berbasis komputasi untuk menganalisa variasi material rangka pelampung sepeda air. Bertujuan untuk mempermudah peneliti dalam mendapatkan parameter-parameter hasil pengujian kekuatan rangka secara simulasi tanpa harus melakukan pengujian fisis dan mekanis, sehingga dapat mereduksi biaya dan waktu. Metode numerik membantu untuk mengetahui pola distribusi gaya yang diberikan pada rangka pelampung sepeda air dengan variasi jenis material. Pengambilan data dilakukan dengan simulasi 3D model pada perangkat lunak elemen hingga. Nilai-nilai parameter yang diperoleh kemudian disajikan berupa kontur lalu dilakukan analisa.

Tabel 1 Material Properti

Parameter	Al-6061	Stainless Steel 304	Galvanized Steel
Density (kg/m <sup>3</sup> )	2698,9	8000	7870
Tensile Streght (MPa)	310	505	320
Yield Streght (MPa)	280	215	303
Moudulus of Elasticity (GPa)	68,9	193	210
Poisson's Ratio	0,33	0,29	0,3



Gambar 1 Pembebanan Rangka Pelampung Sepeda Air



Gambar 2 Fixed Support Rangka Pelampung Sepeda Air

**Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan mulai dari Bulan Mei 2024 sampai Juni 2024. Tempat dilaksanakannya penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Desain CV. Cahaya Berkah Gusti.

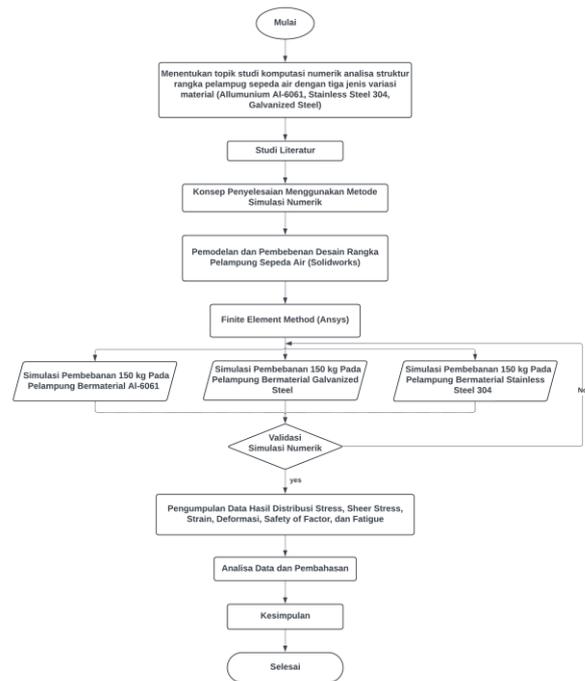
**Objek Penelitian**

Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah kerangka penopang pelampung sepeda air. Data yang dihasilkan dari penelitian ini adalah karakteristik distribusi stress, deformasi, strain, safety factor, shear stress, fatigue life, dan mengetahui critical area dengan memasukkan nilai material properti, lokasi pembebanan, dan titik tumpu.

**Variabel**

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi jenis material rangka Aluminium Al-6061, Galvanized Steel, Stainless Steel 304.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah analisa hasil distribusi stress, deformasi, strain, safety factor, shear stress, fatigue life, dan critical area pada rangka pelampung sepeda air.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini ialah desain rangka, dimensi rangka, posisi pembebanan dan besar pembebanan.

**Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

**Teknik Pengumpulan Data**

Setelah tervalidasinya hasil simulasi, dikumpulkannya data hasil simulasi tersebut dalam bentuk tabel sesuai jenis material yang selanjutnya dilakukkannya analisa data.

**Teknik Analisa data**

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif. Kuantitaif deskriptif dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari pengujian, dimana hasilnya berupa data kuantitatif dan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk diagram. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut

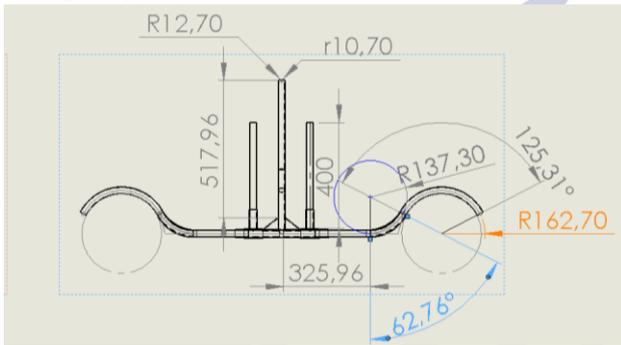
sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya sebagai upaya memberi jawaban atau permasalahan yang diteliti.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan data dalam bentuk gambar, tabel, grafik, dan penjelasan dari hasil simulasi. Hasil dari simulasi yang dimaksud ialah nilai stress, shear stress, strain, deformasi, safety factor dan fatigue life yang diperoleh dari simulasi numerik pada rangka pelampung sepeda air berdiameter 1 inch dengan tiga jenis variasi material Al-6061, Galvanized Steel, dan Stainless Steel 304. Pada hasil simulasi terdapat beberapa kontur warna yang menunjukkan besar nilai dari suatu kondisi mulai terendah hingga tertinggi.

#### Data Awal



Gambar 4 Dimensi Rangka Pelampung Sepeda Air

#### Penentuan Ukuran Mesh yang Optimal

Penentuan ukuran mesh yang optimal dilakukan dengan menggunakan *grid independence test* dimana membandingkan nilai factor keamanan hasil elemen hingga dari beberapa ukuran mesh dan hasil teori. Sehingga, hasil tersebut akan dibandingkan dan akan mendapatkan error yang paling minimum. Error yang paling minimum dijadikan ukuran mesh pada saat melakukan simulasi *static structural* menggunakan metode elemen hingga.

#### Diketahui pada rangka bagian depan :

F Terpusat = 500 N (beban sudah termasuk komponen penyangga)

$$P = 2 \times \left( \frac{125,31}{360} \times 2\pi \times 162,70 \text{ mm} \right) + \left( \frac{62,76}{360} \times 2\pi \times 137,30 \text{ mm} \right) + 325,96 \text{ mm}$$

$$P = 325,96 \text{ mm} + 150,39 \text{ mm} + 355,3 \text{ mm} = 1663,3 \text{ mm}$$

Diameter Luar Pipa = 25,4 mm

Diameter Dalam Pipa = 21,4 mm

#### Langkah 1:

##### Menentukan gaya reaksi di tumpuan

Jadi, beban terpusat di tengah – tengah pipa horizontal. Sehingga jarak masing – masing tumpuan ke titik beban  $\frac{1663,3 \text{ mm}}{2} = 831,65 \text{ mm}$ .

Karena beban terpusat di tengah – tengah, gaya reaksi di masing – masing tumpuan adalah:

$$R_A = R_B = \frac{500 \text{ N}}{2} = 250 \text{ N}$$

#### Langkah 2:

##### Menghitung Momen Lentur Maksimum ( $M_{max}$ )

$$M_{max} = R_A \times \frac{L}{2} = 250 \text{ N} \times 831,65 \text{ mm} = 207912,5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

#### Langkah 3:

##### Menghitung Momen Inersia penampang pipa

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (25,4 \text{ mm}^4 - 21,4 \text{ mm}^4) = 10155,47 \text{ mm}^4$$

#### Langkah 4:

##### Jarak sumbu netral ke serat terluar

$$c = \frac{d}{2} = \frac{25,4 \text{ mm}}{2} = 12,7 \text{ mm}$$

#### Langkah 5:

##### Tegangan lentur maksimum

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times c}{I} = \frac{207.912,5 \text{ Nmm} \times 12,7 \text{ mm}}{10155,47 \text{ mm}^4} = 260,34 \text{ Nmm}^2 = 260,34 \text{ Mpa}$$

#### Diketahui pada rangka bagian belakang :

F terpusat = masing – masing 500 N (beban sudah termasuk komponen penyangga)

$$P = 2 \times \left( \frac{125,31}{360} \times 2\pi \times 162,70 \text{ mm} \right) + \left( \frac{62,76}{360} \times 2\pi \times 137,30 \text{ mm} \right) + 325,96 \text{ mm}$$

$$P = 355,3 \text{ mm} + 150,39 \text{ mm} + 325,96 \text{ mm} = 1663,3 \text{ mm}$$

(merujuk pada gambar 4.2)

Jarak Antar Beban = 187,60 mm

Jarak dari titik tengah batang horizontal ke setiap beban: Jadi, titik tengah dari batang horizontal adalah 831,65 mm. Dengan jarak antar beban 187,60 mm, maka jarak dari titik tengah ke setiap beban adalah  $\pm 93,8 \text{ mm}$ .

$\sigma_y$  Al-6061 = 276 Mpa

$\sigma_y$  Galvanized Steel = 250 Mpa

$\sigma_y$  Stainless Steel 304 = 215 Mpa

#### Langkah 1:

##### Menentukan gaya reaksi di tumpuan

Untuk dua beban terpusat  $P_1$  dan  $P_2$  yang berjarak 187,60 mm di sekitar titik tengah, kita hitung gaya reaksi di tumpuan.

Jadi, jarak dari tumpuan kiri ke titik tengah adalah  $L/2$ , maka jarak dari tumpuan kiri ke beban pertama adalah  $L/2 - 93,8 \text{ mm}$ , dan ke beban kedua adalah  $L/2 + 93,8 \text{ mm}$ .

Reaksi di masing-masing tumpuan dapat dihitung menggunakan keseimbangan momen:

$$R_A \times L = 500 \times (831,65 \text{ mm} - 93,8 \text{ mm}) + 500 \times (831,65 \text{ mm} + 93,8 \text{ mm})$$

$$R_A \times 1663,3 \text{ mm} = 500 \text{ N} \times 737,85 \text{ mm} + 500 \text{ N} \times 925,45 \text{ mm}$$

$$R_A \times 1663,3 \text{ mm} = 368925 \text{ N} \cdot \text{mm} + 462725 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$R_A \times 1663,3 \text{ mm} = 831650 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$R_A = \frac{831650 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1663,3 \text{ mm}}$$

$$R_A = 500 \text{ N}$$

Karena simetris, maka  $R_B = 500 \text{ N}$

#### Langkah 2:

##### Menghitung Momen Lentur Maksimum:

Momen lentur di tengah dihasilkan oleh beban terpusat di kedua sisi titik tengah:

$$M_{max} = 500 \text{ N} \times 93,8 \text{ mm} = 46900 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

**Langkah 3:**

**Menghitung Momen Inersia Pipa**

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (25,4^4 - 21,4^4) = 10155,47 \text{ mm}^4$$

**Langkah 4:**

**Jarak sumbu netral ke serat terluar**

$$c = \frac{d}{2} = \frac{25,4 \text{ mm}}{2} = 12,7 \text{ mm}$$

**Langkah 5:**

**Tegangan lentur maksimum**

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times c}{I} = \frac{46900 \text{ N.mm} \times 12,7 \text{ mm}}{10155,47 \text{ mm}^4} = 58,67 \text{ N.mm} = 58,67 \text{ Mpa}$$

Maka dari itu, hasil dari tegangan lentur maksimum pada rangka pelampung sepeda air yang digunakan ialah tegangan maksimum yang paling besar diantara rangka bagian depan dan belakang, yaitu 260,34 Mpa.

• **Teori Faktor Keamanan Material Al-6061**

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} = \frac{280 \text{ MPa}}{260,34 \text{ Mpa}} = 1,0756$$

Tabel 2 Grid Independence Test Material Al-6061

Ukuran Mesh (mm)	Hasil Simulasi	Hasil Teori	Error (%)
5	1,8395	1,0756	41,52
10	2,1325		49,56
15	1,775		39,4
20	2,15		49,97
25	2,3291		53,81

Nilai error (%) =  $\frac{\text{Hasil simulasi} - \text{Hasil Teori}}{\text{Nilai Terbesar}} \times 100\%$

Sebagai contoh:

Nilai error (%) =  $\frac{1,8395 - 1,0756}{1,8395} \times 100\% = 41,52\%$

Sehingga menghasilkan mesh yang optimum dengan ukuran mesh 15 mm.

• **Teori Faktor Keamanan Material Galvanized Steel**

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} = \frac{303 \text{ MPa}}{260,34 \text{ Mpa}} = 1,1638$$

Tabel 3 Grid Independence Test Material Galvanized Steel

Ukuran Mesh (mm)	Hasil Simulasi	Hasil Teori	Error (%)
5	1,9865	1,1638	41,41
10	2,2966		49,32
15	1,8914		38,46
20	2,3176		49,78
25	2,5144		53,71

Sehingga menghasilkan mesh yang optimum dengan ukuran mesh 15 mm.

• **Teori Faktor Keamanan Material Stainless Steel 304**

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} = \frac{215 \text{ MPa}}{260,34 \text{ Mpa}} = 0,8258$$

Tabel 4 Grid Independence Test Material Stainless Steel 304

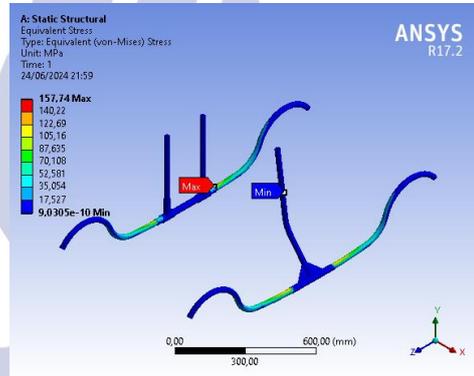
Ukuran Mesh	Hasil Simulasi	Hasil Teori	Error (%)
5	1,4106	0,8258	41,46
10	1,6323		49,41
15	1,3489		38,76
20	1,6466		49,84
25	1,7855		53,75

Sehingga menghasilkan mesh yang optimum dengan ukuran mesh 15 mm.

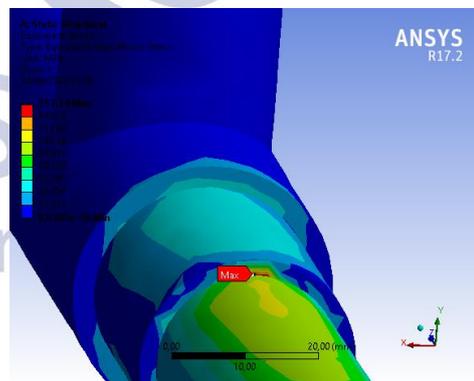
• **Hasil Uji Static Structural**

• **Material Al-6061**

• **Von Mises Stress**



Gambar 5 Von Mises Stress Material Al-6061



Gambar 6 Tegangan Maksimum Pada Material Al-6061

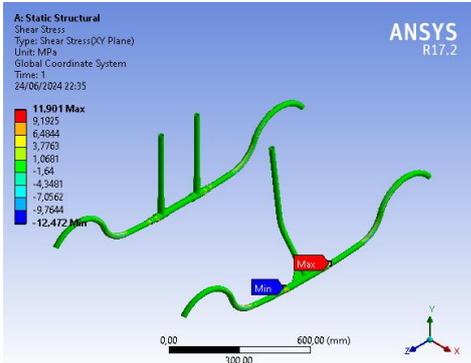
**Tegangan Maksimum: 157,74 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan maksimum berada di dekat salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar.

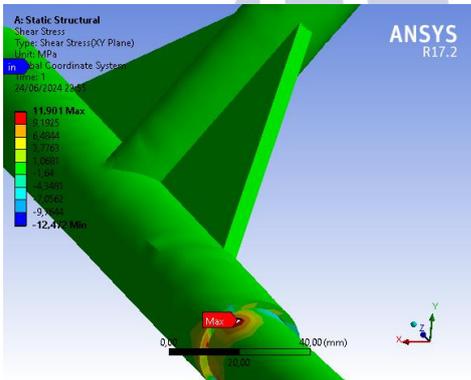
Maka dari itu, hasil dari tegangan lentur maksimum pada rangka pelampung sepeda air yang digunakan ialah

tegangan maksimum yang paling besar diantara rangka bagian depan dan belakang, yaitu 260,34 Mpa Hasil dan pembahasan merupakan inti dari sebuah artikel, ditulis secara jelas dan memenuhi aspek scientific merit (unsur what/how?, why?, dan what else? Paparkan data yang telah diperoleh secara jelas dan ringkas, dapat berupa tabel, gambar atau diagram. Contoh tabel sebagai berikut:

• **Shear Stress**



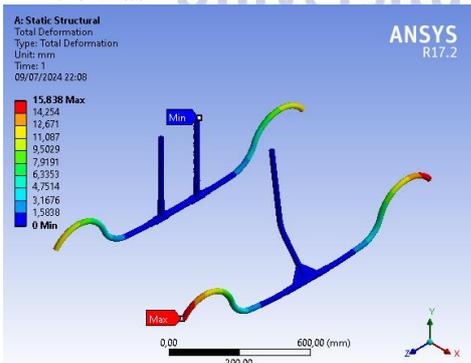
Gambar 7 Shear Stress Material Al-6061



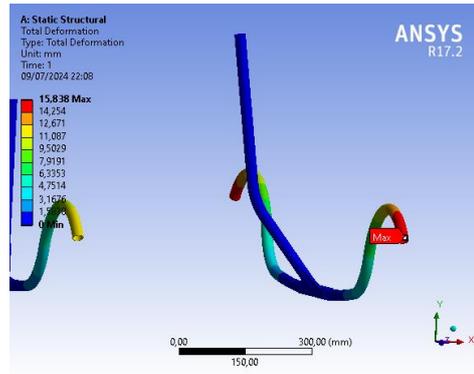
Gambar 8 Max Shear Stress Material Al-6061

**Tegangan Geser Maksimum: 11,901 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan geser tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan geser maksimum berada di salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar, menunjukkan area dengan risiko kegagalan geser yang tinggi.
- **Deformasi**



Gambar 9 Deformasi Material Al-6061

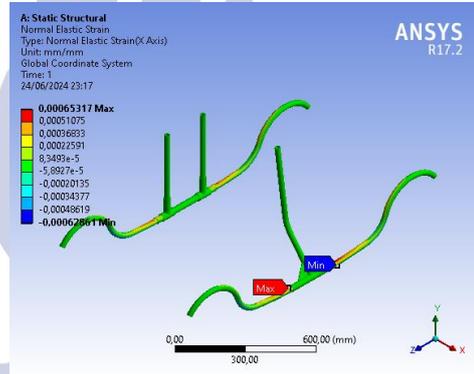


Gambar 10 Deformasi Maksimum Material Al-6061

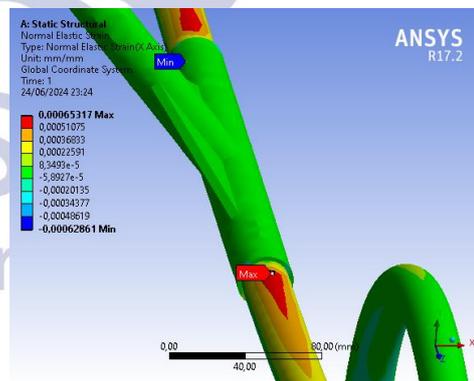
**Deformasi Maksimum: 15,838 mm**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan deformasi terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Pada ujung struktur horizontal atas, menunjukkan bahwa bagian ini mengalami deformasi terbesar.

• **Strain**



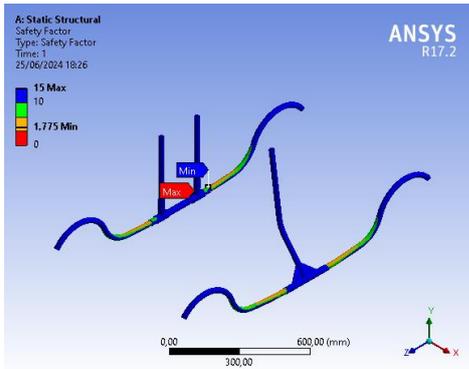
Gambar 11 Strain Pada Material Al-6061



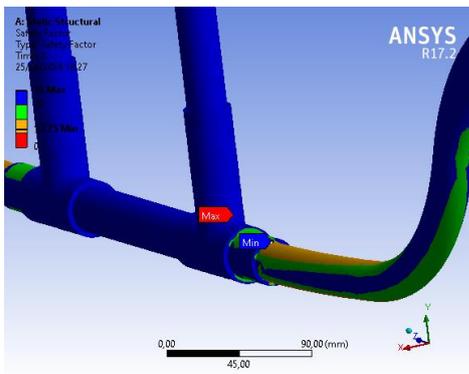
Gambar 12 Strain Maximum Pada Material Al-6061

**Regangan Maksimum: 0,00065317 mm/mm**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan regangan terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi regangan maksimum berada di salah satu area struktur yang mengalami deformasi terbesar akibat beban yang diberikan.
- **Safety Factor**



Gambar 13 Safety Factor Material Al-6061

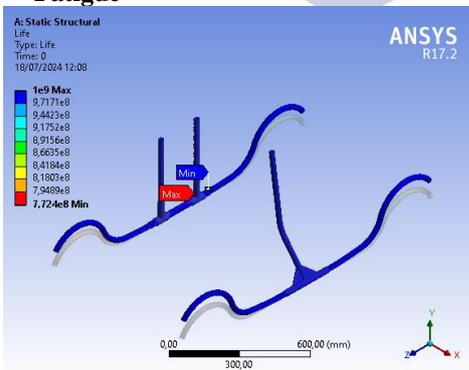


Gambar 14 Safety Factor Minimum Pada Material Al-6061

**Faktor Keamanan Minimum: 1,775**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Min" berwarna biru. Lokasi ini menunjukkan area dengan faktor keamanan terendah.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi faktor keamanan minimum terletak di daerah yang mengalami tegangan tertinggi atau kondisi paling kritis yang berisiko gagal.

• **Fatigue**

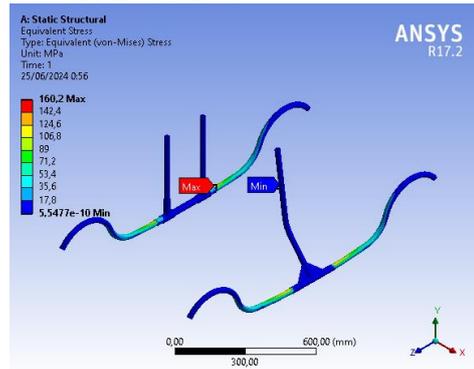


Gambar 15 Fatigue Life Material Al-6061

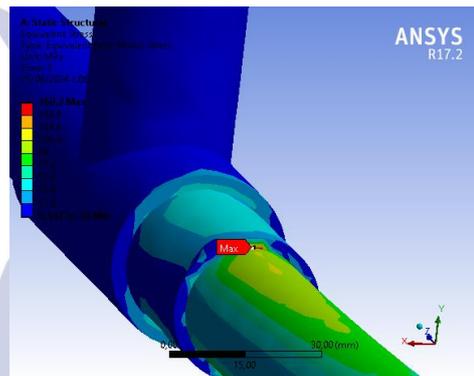
**Poin Umur Kelelahan Maksimum dan Minimum:**

- **Max (Umur Kelelahan Tertinggi):** Ditandai dengan kotak biru pada gambar, menunjukkan titik di mana umur kelelahan tertinggi terjadi.

• **Material Galvanized Steel**  
• **Von Mises Stress**



Gambar 16 Von Mises Stress Material Galvanized Steel

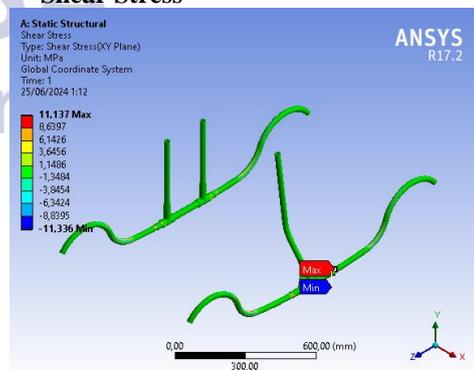


Gambar 17 Tegangan Maksimum Material Galvanized Steel

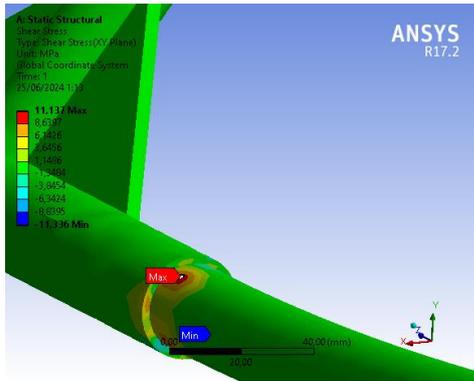
**Tegangan Maksimum: 160,2 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan maksimum berada di dekat salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar. Komponen ini mungkin merupakan titik kritis dari struktur karena mengalami tegangan yang sangat tinggi.

• **Shear Stress**



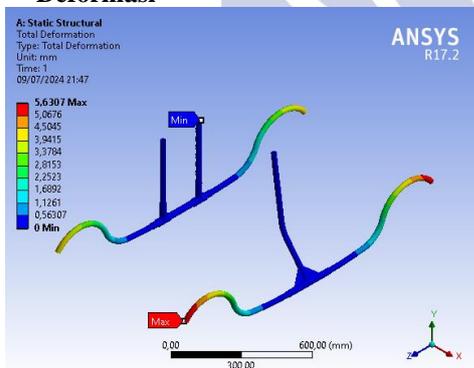
Gambar 18 Shear Stress Material Galvanized Steel



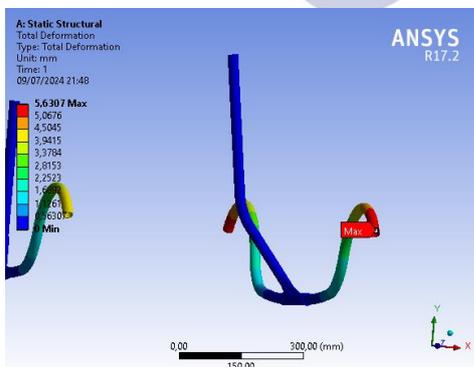
Gambar 19 Maximum Shear Stress Material Galvanized Steel

**Tegangan Geser Maksimum: 11,137 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan geser tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan geser maksimum berada di salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar, menunjukkan area dengan risiko kegagalan geser yang tinggi
- **Deformasi**



Gambar 20 Deformasi Material Galvanized Steel

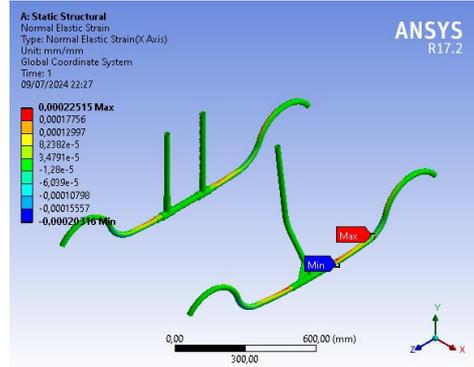


Gambar 21 Deformasi Maksimum Material Galvanized Steel

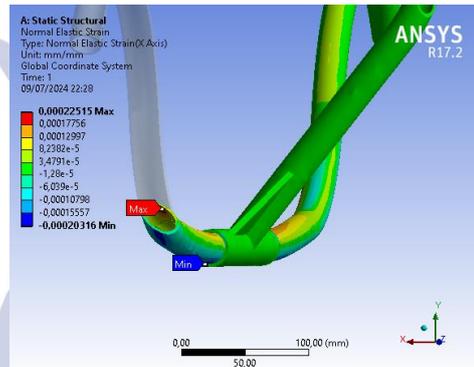
**Deformasi Maksimum: 5,6307 mm**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan deformasi terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Pada ujung struktur horizontal, menunjukkan bahwa bagian ini mengalami deformasi terbesar.

**Strain**



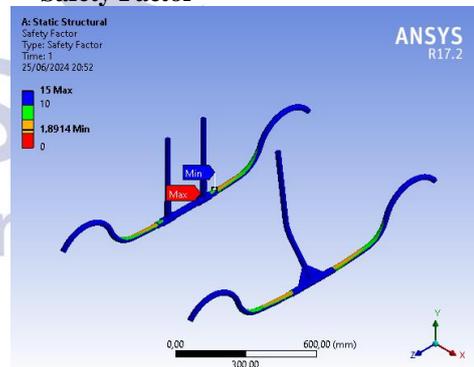
Gambar 22 Strain Material Galvanized Steel



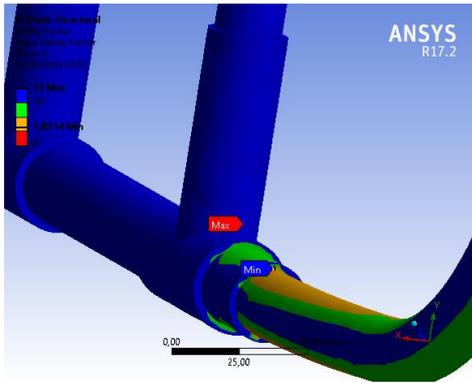
Gambar 23 Strain Maksimum Material Galvanized Steel

**Regangan Maksimum: 0.00022515 mm/mm**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan regangan terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi regangan maksimum berada di salah satu area struktur yang mengalami deformasi terbesar akibat beban yang diberikan.
- **Safety Factor**



Gambar 24 Safety Factor Material Galvanized Steel

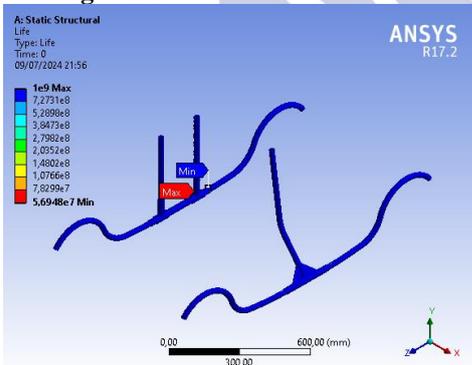


Gambar 25 Safety Factor Minimum Material Galvanized Steel

**Faktor Keamanan Minimum: 1,8914**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Min" berwarna biru. Lokasi ini menunjukkan area dengan faktor keamanan terendah.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi faktor keamanan minimum terletak di daerah yang mengalami tegangan tertinggi atau kondisi paling kritis yang berisiko gagal.

- **Fatigue Life**

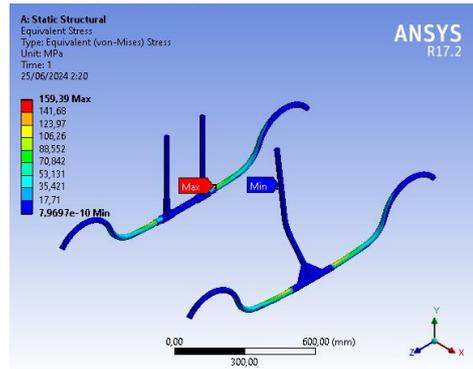


Gambar 26 Fatigue Life Material Galvanized Steel

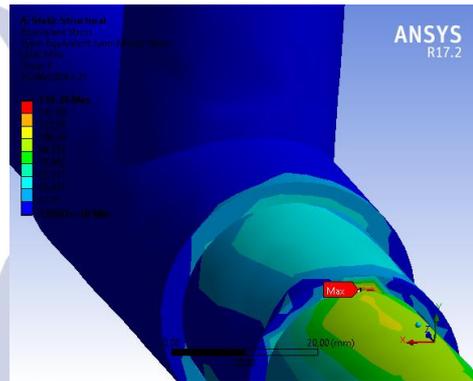
**Poin Umur Kelelahan Maksimum dan Minimum:**

- **Max (Umur Kelelahan Tertinggi):** Ditandai dengan kotak biru pada gambar, menunjukkan titik di mana umur kelelahan tertinggi terjadi.
- **Min (Umur Kelelahan Terendah):** Ditandai dengan kotak merah pada gambar, menunjukkan titik di mana umur kelelahan terendah terjadi.

- **Material Stainless Steel 304**
- **Von Mises Stress**



Gambar 27 Von Mises Stress Material Stainless Steel 304

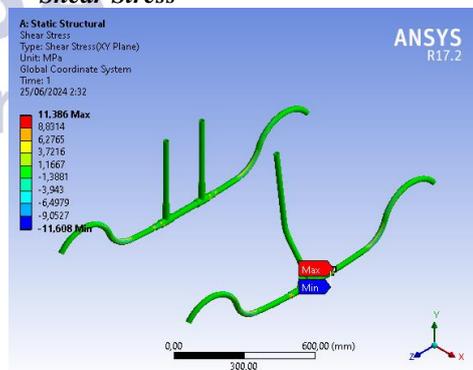


Gambar 28 Tegangan Maksimum Material Stainless Steel 304

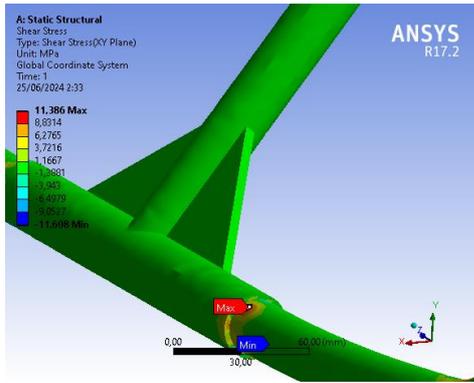
**Tegangan Maksimum: 159,39 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan maksimum berada di dekat salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar. Komponen ini mungkin merupakan titik kritis dari struktur karena mengalami tegangan yang sangat tinggi.

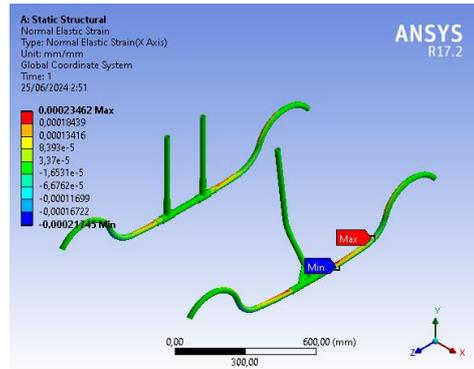
- **Shear Stress**



Gambar 29 Shear Stress Material Stainless Steel 304



Gambar 30 Max Shear Stress Material Stainless Steel 304

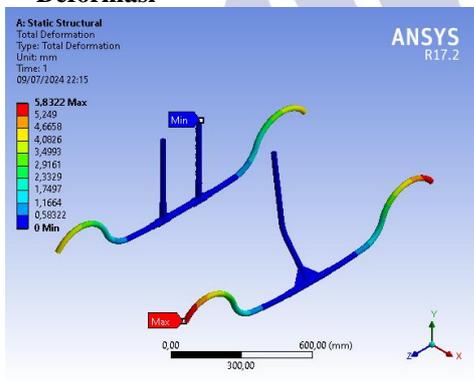


Gambar 33 Strain Material Stainless Steel 304

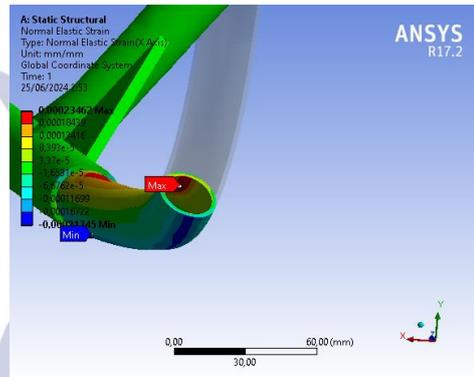
**Tegangan Geser Maksimum: 11,386 MPa**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan konsentrasi tegangan geser tertinggi.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi tegangan geser maksimum berada di salah satu komponen vertikal yang mengalami gaya terbesar, menunjukkan area dengan risiko kegagalan geser yang tinggi.

- **Deformasi**



Gambar 31 Deformasi Material Stainless Steel 304

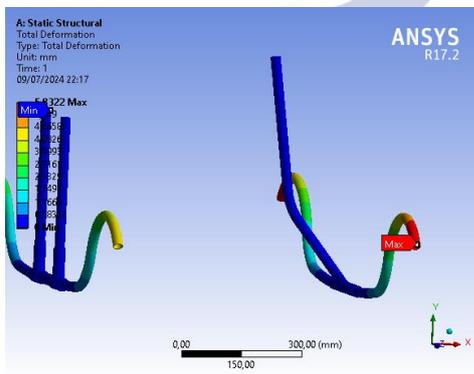


Gambar 34 Strain Maksimum Material Stainless Steel 304

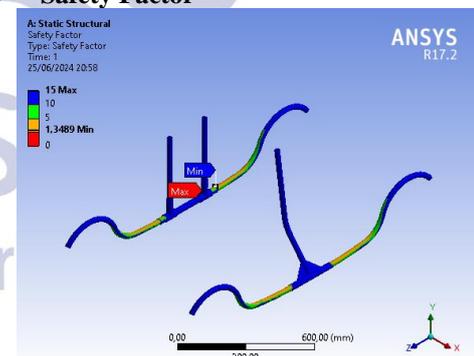
**Regangan Maksimum: 0,00023462 mm/mm**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan regangan terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi regangan maksimum berada di salah satu area struktur yang mengalami deformasi terbesar akibat beban yang diberikan.

- **Safety Factor**



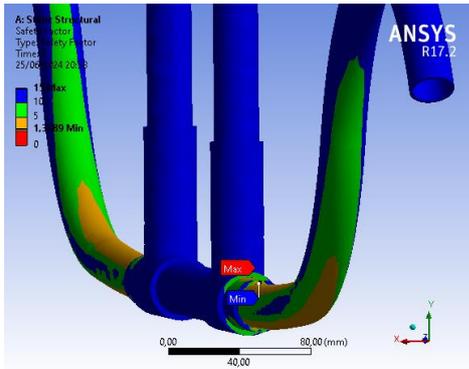
Gambar 32 Deformasi Maksimum Material Stainless Steel 304



Gambar 35 Safety Factor Material Stainless Steel 304

**Deformasi Maksimum: 5,8322 mm**

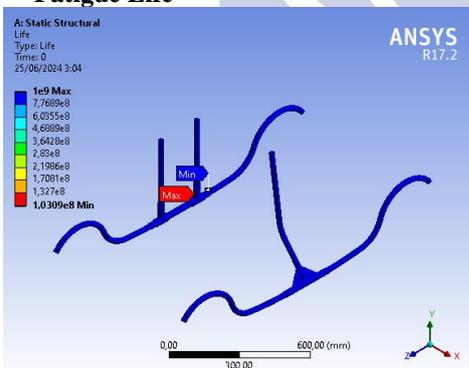
- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Max" berwarna merah di bagian gambar yang menunjukkan daerah dengan deformasi terbesar.
- **Deskripsi Lokasi:** Pada ujung kanan horizontal atas, menunjukkan bahwa bagian ini mengalami pergeseran terbesar.
- **Strain**



Gambar 36 Safety Factor Minimum Material Stainless Steel 304

**Faktor Keamanan Minimum: 1,3489**

- **Lokasi:** Ditandai dengan label "Min" berwarna biru. Lokasi ini menunjukkan area dengan faktor keamanan terendah.
- **Deskripsi Lokasi:** Lokasi faktor keamanan minimum terletak di daerah yang mengalami tegangan tertinggi atau kondisi paling kritis yang berisiko gagal.
- **Fatigue Life**



Gambar 37 Fatigue Life Material Stainless Steel 304

**Poin Umur Kelelahan Maksimum dan Minimum:**

- **Max (Umur Kelelahan Tertinggi):** Ditandai dengan kotak biru pada gambar, menunjukkan titik di mana umur kelelahan tertinggi terjadi.
- **Min (Umur Kelelahan Terendah):** Ditandai dengan kotak merah pada gambar, menunjukkan titik di mana umur kelelahan terendah terjadi.

**Analisa Pembahasan Pengujian Static Struktural**  
Tabel 5 Hasil Tabel Pengujian Static Struktural

No.	Material	Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Deformasi (mm)	Strain (mm/mm)	Safety Factor	Fatigue Life (cycle)
1.	Al-6061	157,74	11,901	15,838	0,00065317	1,775	7,724e8
2.	Galvanized Steel	160,2	11,137	5,6307	0,00022515	1,8914	4,4921e7
3.	Stainless Steel 304	159,39	11,386	5,8322	0,00023462	1,3489	1,0309e8

Berdasarkan hasil analisis, Von Mises stress sebesar 157,74 MPa yang berada di bawah yield strength 280 MPa menunjukkan bahwa material tidak mengalami deformasi plastis, yang berarti rangka masih dalam kondisi aman.

Nilai shear stress sebesar 11,901 MPa menambah informasi bahwa gaya geser yang bekerja pada material juga berada dalam batas aman, memastikan bahwa material tidak mengalami kegagalan geser. Deformasi sebesar 15,838 mm dan strain 0,00065317 mm/mm menunjukkan bahwa perubahan bentuk masih dalam batas elastisitas material, mendukung hasil bahwa material belum mencapai kondisi yield. Faktor keamanan 1,775 menunjukkan bahwa material memiliki cadangan kekuatan yang cukup besar dibandingkan dengan standar minimum 1,25, memberikan keyakinan bahwa rangka pelampung sepeda air akan berfungsi dengan aman. Fatigue life sebesar 772.400.000 siklus menunjukkan bahwa material mampu bertahan terhadap beban berulang dalam jangka waktu yang lebih lama daripada Galvanized Steel dan Stainless Steel 304 sebelum mengalami kegagalan akibat kelelahan.

Material Galvanized Steel pada rangka pelampung sepeda air menunjukkan Von Mises stress sebesar 160,2 MPa yang berada di bawah yield strength 303 MPa, menunjukkan bahwa material tidak mengalami deformasi plastis, sehingga rangka tetap dalam kondisi aman. Nilai shear stress sebesar 11,137 MPa menambah informasi bahwa gaya geser yang bekerja pada material juga berada dalam batas aman, memastikan bahwa material tidak mengalami kegagalan geser. Deformasi sebesar 5,6307 mm dan strain 0,00022515 mm/mm menunjukkan bahwa perubahan bentuk masih dalam batas elastisitas material, mendukung hasil bahwa material belum mencapai kondisi yield. Faktor keamanan 1,8914 menunjukkan bahwa material memiliki cadangan kekuatan yang cukup besar dibandingkan dengan standar minimum 1,25, bahwa rangka pelampung sepeda air akan berfungsi dengan baik dan aman dalam kondisi operasional normal. Fatigue life sebesar 44.921.000 siklus, menunjukkan bahwa material mampu bertahan terhadap beban berulang dalam jangka waktu yang sangat lama sebelum mengalami kegagalan akibat kelelahan.

Material Stainless Steel 304 pada rangka pelampung sepeda air menunjukkan Von Mises stress sebesar 159,39 MPa yang mendekati yield strength-nya yaitu 215 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa material tidak mengalami deformasi plastis, meskipun lebih mendekati batas yield dibandingkan dengan material lainnya. Nilai shear stress sebesar 11,386 MPa menambah informasi bahwa gaya geser yang bekerja pada material juga berada dalam batas aman, memastikan bahwa material tidak mengalami kegagalan geser. Deformasi yang dihasilkan sebesar 5,8322 mm dan strain 0,00023462 mm/mm menunjukkan bahwa perubahan bentuk masih dalam batas elastisitas material, mendukung hasil bahwa material belum mencapai kondisi yield. Faktor keamanan sebesar 1,3489 menunjukkan selisih keamanan yang lebih rendah dibandingkan dengan dua material lainnya, akan tetapi masih bisa dikatakan aman karena memenuhi standar aman sesuai tabel 2.2 tentang faktor keamanan. Fatigue life tertinggi sebesar 103.090.000 siklus menunjukkan bahwa material ini mampu bertahan terhadap beban berulang dalam jangka waktu yang sangat lama sebelum mengalami kegagalan akibat kelelahan, menambah keandalan dan durabilitas rangka pelampung sepeda air.

## PENUTUP

### Simpulan

- Material Al-6061 menghasilkan *Von Mises stress* sebesar 157,74 MPa, *shear stress* sebesar 11,901 MPa, dan deformasi sebesar 15,838 mm yang menunjukkan bahwa material ini memiliki kekuatan dan fleksibilitas yang baik. *Strain* yang rendah sebesar 0,00065317 mm/mm menunjukkan kekakuan material yang baik. Faktor keamanan sebesar 1,775 dan *fatigue life* sebesar 772.400.000 siklus menunjukkan bahwa Al-6061 cocok untuk aplikasi yang memerlukan selisih keamanan yang cukup dan ketahanan terhadap beban berulang.
- Material *Galvanized Steel* menghasilkan *Von Mises stress* sebesar 160,2 MPa, *shear stress* sebesar 11,137 MPa, dan deformasi sebesar 5,6307 mm yang menunjukkan bahwa material ini sangat fleksibel namun tetap kuat. *Strain* tinggi sebesar 0,22522 mm/mm menunjukkan deformabilitas yang tinggi. Faktor keamanan sebesar 1,8914 menunjukkan selisih keamanan yang baik, sedangkan *fatigue life* sebesar 44.921.000 siklus menunjukkan ketahanan yang sangat baik terhadap beban siklik.
- Material *Stainless Steel 304* menghasilkan *Von Mises stress* sebesar 159,39 MPa, *shear stress* sebesar 11,386 MPa, dan deformasi sebesar 0,042638 mm yang menunjukkan bahwa material ini memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik. *Strain* yang sangat rendah sebesar 0,00023462 mm/mm menunjukkan material ini sangat kaku. Namun, faktor keamanan sebesar 1,3489 menunjukkan selisih keamanan yang lebih rendah dibandingkan dengan dua material lainnya. *Fatigue life* tertinggi sebesar 103.090.000 siklus menunjukkan ketahanan yang sangat baik terhadap beban siklik.
- Dengan desain tersebut, critical area berada pada lengkung penampang pelampung sepeda air bagian ujung bagian pelampung. Karena bagian tersebut mengalami deformasi terbesar.

### Saran

Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk melakukan pengujian pada material lain yang mungkin memiliki karakteristik lebih baik untuk aplikasi spesifik rangka pelampung sepeda air. Pengujian lebih lanjut dalam kondisi lingkungan yang berbeda (misal kondisi air asin, suhu ekstrim) juga diperlukan untuk memastikan ketahanan material dalam kondisi operasi nyata. Selain itu, melakukan optimasi desain rangka pelampung untuk mengurangi deformasi dan meningkatkan faktor keamanan, termasuk analisis dengan menggunakan software simulasi lainnya untuk validasi hasil. Penelitian mengenai pengaruh beban dinamis dan gelombang air terhadap kinerja material dan struktur rangka pelampung juga penting untuk memastikan kinerja yang optimal dalam kondisi operasional.

### DAFTAR PUSTAKA

Ampala Khoryanton, A. D. (2023). Analisis Pembebanan Rangka Penopang Tangki IBC Dumping Table Hidrolik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 305-312.

- Aqshal Diinil Mustaqiem, N. (2020). ANALISIS PERBANDINGAN FAKTOR KEAMANAN RANGKA SCOOTER MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK SOLIDWORK 2015. *jurnal Teknik Mesin*, 164-172.
- Arief Maulana, J. B. (2019). Analisa Fatigue pada Rangka Sepeda Trandem. *JURNAL TEKNIK ITS*, 48-53.
- Azwir Sofyan, J. G. (2019). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA MESIN PENERING BAWANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS APDL 15.0. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, 20-28.
- Collins, J. A. (1993). *Failure of Materials in Mechanical Design: Analysis, Prediction, Prevention*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Ellianto, M. S., & Nurcahyo, Y. E. (2020). Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 53-58.
- Godderidge, B., Tan, M., Turnock, S., & Earl, C. (2006). *A Verification and Validation Study of the Application of Computational Fluid Dynamics to the Modelling of Lateral Sloshing*. Southampton: University of Southampton, BMT SeaTech.
- Haqqi, M. K., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2015). SURVEI PENDAHULUAN DEFORMASI MUKA TANAH DENGAN PENGAMATAN GPS DI KABUPATEN DEMAK (Studi Kasus : pesisir pantai Kecamatan Sayung). *Geodesi Undip*, 83.
- Hardi, W. (2022). *ANALISIS ELEMEN HINGGA UNTUK UJI TABRAKAN MOBIL DENGAN ANSYSLS DYN4*. Bandung: MEDIA SAINS INDONESIA.
- Hermanto, R. A. (u.d.). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA PEMBANGKIT LISTRIKSEPEDA STATIS MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK WORKBENCH. *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 20-25.
- Hery Irawan, H. F. (2022). SIMULASI PEMBEBANAN PADA RANGKA MESIN FUNGSI HYBRID PENGUPAS BIJIH JAGUNG BERBASIS ELEMEN HINGGA. *Otopro*, 57-61.
- Hutahaean, R. Y. (2017). *Mekanika Kekuatan Maeterial Tingkat Lanjut Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hutahaean, R. Y. (2017). *Mekanika Kekuatan Material Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ika Nurjannah, W. D. (2022). COMPUTER FLUID DYNAMIC (CFD) ANALYSIS OF FLOAT

- AND PROPELLER DESIGN. *Acta Mechanica Malaysia (AMM)*, 18-24.
- Irawan, H., Zany, H. F., & Sasongko, S. B. (2022). SIMULASI PEMBEBANAN PADA RANGKA MESIN FUNGSI HYBIRD PENGUPAS BIJIH JAGUNG BERBASIS ELEMEN HINGGA. *Otopro*, 57-61.
- Lasinta Ari Nendra Wibawa, T. (2021). Simulasi numerik kekuatan rak roket portabel menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 54-59.
- Mario Sariski Dwi Ellianto, Y. E. (2020). Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 53-58.
- Marthen Paloboran, M. Y. (2021). Teknik Mesin. i M. Y. Marthen Paloboran, *Mekanika Bahan* (ss. 72-73). Surabaya: SCOPINDO.
- Muhammad Rifqi Firdaus, K. ., (u.d.). Simulasi Faktor Keamanan Dan Pembebanan Frame Pada Turbin Angin Type Darrieus. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 2-22.
- Muhammad Zubair Muis Alice, I. M. (2021). Aplikasi Metode Elemen Hingga Pada Analisis Struktur Bangunan Lepas Pantai Tipe Jacket. Sleman: CV. Budi Utama.
- Nandita Anggraeni Puspitasari, M. M. (2021). Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software. *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, 25-33.
- Paloboran, M., & Yahya, M. (2021). i M. Paloboran, & M. Yahya, *Mekanika Bahan Teknik Mesin* (ss. 27-28). Surabaya: Scopindo.
- Paloboran, M., & Yahya, M. (2021). *Mekanika*. i M. Paloboran, & M. Yahya, *Mekanika Bahan Teknik Mesin* (ss. 31-32). Surabaya: SCOPINDO MEDIA PUSTAKA.
- Sally Cahyati, N. S. (2019). ANALISA KEKUATAN KERANGKA PENOPANG EKSTRUDER. *Sains dan Teknologi*, 1-7.
- Sandy Suryady, E. A. (2022). SIMULASI FAKTOR KEAMANAN DAN PEMBEBANAN STATIK RANGKA PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 42-48.
- Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A., & Umroh, B. (2019). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA MESIN PENERING BAWANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS APDL 15.0. *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, 20-28.
- Sri Hastuti, W. R. (2022). ANALISIS KEKUATAN PADA RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK. *Jurnal Foundry Media Informai Teknologi Pengecoran Logam*, 1-11.
- Ulumuddin, M. I. (2019). ANALISIS TEGANGAN INSERT CAVITY MOLDING RAK SEPATU TERHADAP TEKANAN 160 MPA PADA MESIN INJECTION PLASTIK MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2017. *Mechonversio Mechanical Engineering Journal*, 1-10.
- Zenal Abidin, M. F. (2021). MEMBUAT SEPEDA AIR PIPA PVC PADA BUMDES SITU RANCABUNAR DESA BOJONGMENGGER, KECAMATAN CIJEUNGJING. *ABDIMAS GALUH*, 9-16.