

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perancangan Rangka Kursi Roda

Data sebelum perancangan rangka kursi roda dibutuhkan supaya proses perancangan dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Data yang dibutuhkan adalah data material yang akan digunakan, lebar bagian *seat* dan bagian *back*, serta panjang dan lebar *frame* kerangka kursi roda dan juga beban pengguna kursi roda.

4.1.1 Data Material Rangka Kursi Roda

Data Material untuk rangka kursi roda dibutuhkan untuk mengetahui Data material untuk rangka kursi roda dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik mekanik dan fisik dari bahan yang digunakan sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktural dan fungsional desain. Data material meliputi kekuatan tarik, tegangan luluh, modulus elastisitas, kekerasan, dan densitas,. Dengan adanya data material, perancang dapat memprediksi seberapa kuat material menahan beban pengguna, Berikut ini adalah data mengenai *stainless steel* 201, 316, dan 316 *annealed*.

Tabel 4.1 Sifat Mekanik *Stainless Steel 201*

Tensile (MPa)	Yield (MPa)	Elongation (%in50mm)	Hardness Rockwell (HRB)	Density (kg/m ³)	Elastic Modulus (GPa)	Specific Heat (J/kg.K)	Electric Resistivity (nΩ.m)
515	275	40-55%	80-90	7850	200	500	720

Sumber : (Q. Wang, 2020)

Tabel 4.2 Sifat Mekanik *Stainless Steel 316*

Tensile (MPa)	Yield (MPa)	Elongation (%in50mm)	Hardness Rockwell (HRB)	Density (kg/m ³)	Elastic Modulus (GPa)	Specific Heat (J/kg.K)	Electric Resistivity (nΩ.m)
485	205	40 – 60%	95	8000	193	500	740

Sumber : (Shresta, 2019)

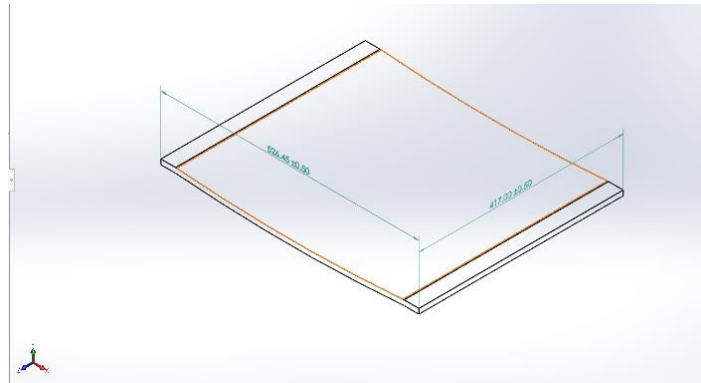
Tabel 4.3 Sifat Mekanik *Stainless Steel 316 Annealed*

Tensile (MPa)	Yield (MPa)	Elongation (%in50mm)	Hardness Rockwell (HRB)	Density (kg/m ³)	Elastic Modulus (GPa)	Specific Heat (J/kg.K)	Electric Resistivity (n Ω .m)
515	205	≥40	95	8000	193	500	740

Sumber : (J.S Brooks, 2018)

4.1.1 Data Ukuran Bagian *Seat* Kursi Roda

Berikut ini adalah data ukuran bagian *seat* pada kursi roda. Untuk lebar seat sebesar 526,95mm dan panjang seat sebesar 417,50mm. Ukuran ini disesuaikan dengan kebutuhan pengguna agar memberikan kenyamanan saat duduk dan mobilitas yang optimal. Lebar seat yang cukup luas memungkinkan pengguna dengan ukuran tubuh yang lebih besar untuk duduk dengan nyaman tanpa merasa sempit. Sementara itu, panjang seat yang telah ditentukan juga bertujuan untuk memberikan penopang yang memadai pada bagian paha pengguna, sehingga distribusi tekanan saat duduk menjadi lebih merata dan mengurangi risiko tekanan berlebih pada bagian tubuh tertentu.



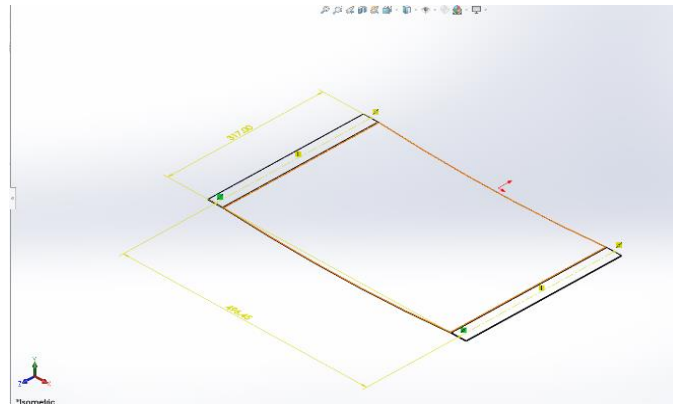
Gambar 4.1 Data Ukuran Bagian *Seat*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

4.1.2 Data Ukuran Bagian *Back* Kursi Roda

Berikut ini adalah data ukuran bagian *back* pada kursi roda. Untuk lebar didapat sebesar 496,45mm dan panjang sebesar 317,00mm. Ukuran ini dirancang untuk memberikan kenyamanan dan dukungan optimal pada punggung pengguna saat menggunakan kursi roda dalam jangka waktu yang lama. Lebar bagian back yang hampir setara dengan lebar seat memungkinkan penyesuaian yang baik terhadap postur tubuh pengguna, sehingga mencegah

ketegangan pada area punggung. Panjang bagian back juga disesuaikan agar mampu menopang area punggung bagian bawah hingga tengah dengan baik.

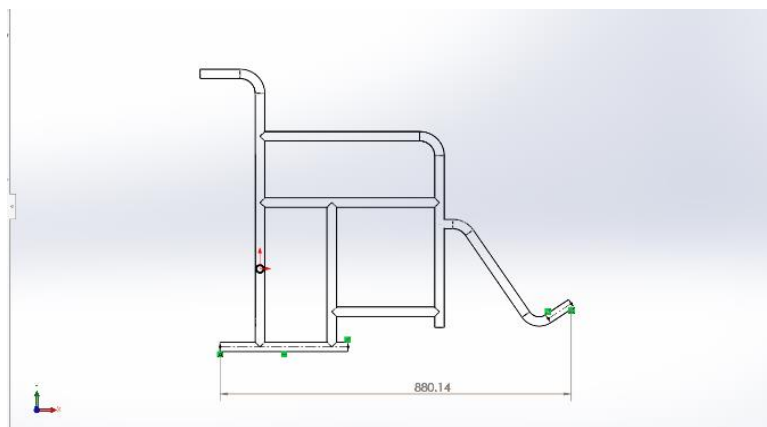


Gambar 4.2 Data Ukuran Bagian *Back*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

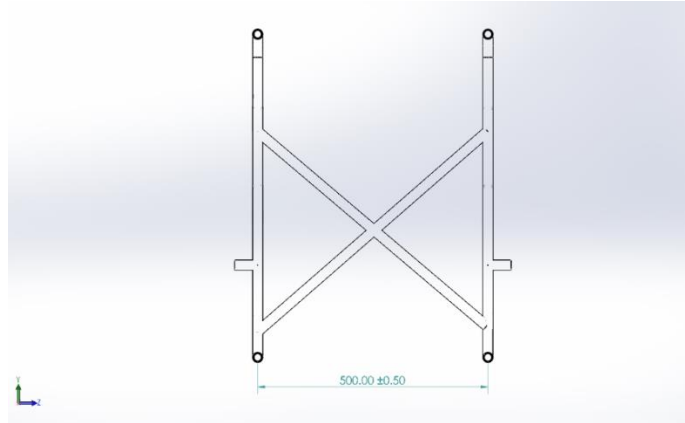
4.1.3 Data Ukuran Bagian *Frame* Kursi Roda

Berikut ini adalah data ukuran bagian *frame* pada kursi roda. Untuk lebar *frame* didapat sebesar 500,50mm dan panjang *frame* sebesar 880,14mm. Ukuran ini telah disesuaikan dengan dimensi bagian seat dan back agar keseluruhan struktur kursi roda tetap proporsional dan seimbang. Lebar frame yang mendekati ukuran lebar seat memastikan kestabilan saat digunakan, serta memberikan ruang yang cukup untuk mekanisme roda dan sandaran tangan. Panjang frame yang mencapai 880,14 mm memungkinkan pengaturan posisi komponen seperti roda belakang, roda depan, dan sandaran kaki secara optimal, sehingga mendukung kenyamanan, keamanan, dan mobilitas pengguna kursi roda selama penggunaan sehari-hari.



Gambar 4.3 Data Ukuran Panjang *Frame*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.4 Data Ukuran Lebar *Frame*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

4.1.4 Data Beban Pengguna Kursi Roda

Pemberian beban pada kursi roda dilakukan sebagai salah satu tahapan proses dari simulasi *static structural* pada software *ANSYS*. Beban pengguna kursi roda akan didistribusikan kepada struktur kerangka kursi roda sesuai dengan bentuk tubuh pengguna. Beban pengguna kursi roda sudah ditentukan sebesar 130kg yang dikonversi ke newton menjadi 1275,3 N.

4.1.5 Berat Komponen Rangka

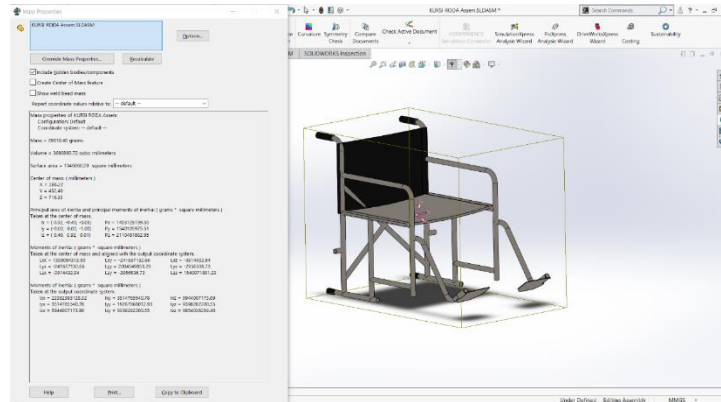
1. *Stainless Steel 201*

Analisa perhitungan berat kerangka kursi roda dengan material *stainless steel 201* dengan menggunakan fitur *mass properties* di software *Solidworks* didapatkan nilai sebesar 29010.40 gram atau sebesar 29,0104 kg. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 29,0104 \text{ kg} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 284,5049 \text{ N}$$



Gambar 4.5 *Mass Properties* kerangka kursi roda bahan *Stainless Steel 201*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Tabel 4.4 Berat Komponen Kursi Roda Bahan *Stainless Steel 201*

Komponen Kursi Roda	Berat	Jumlah	Berat Total
Backrest	1340,93 gram	1	1,34093 kilogram
Seat	17639,38 gram	1	1763,998 kilogram
Foot Step	296,01 gram	2	0,59202 kilogram
Handle	264,84 gram	2	0,52968 kilogram
Foot Assistance	57,45 gram	2	0,1149 kilogram
Frame	9409,83 gram	1	9,4083 kilogram

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

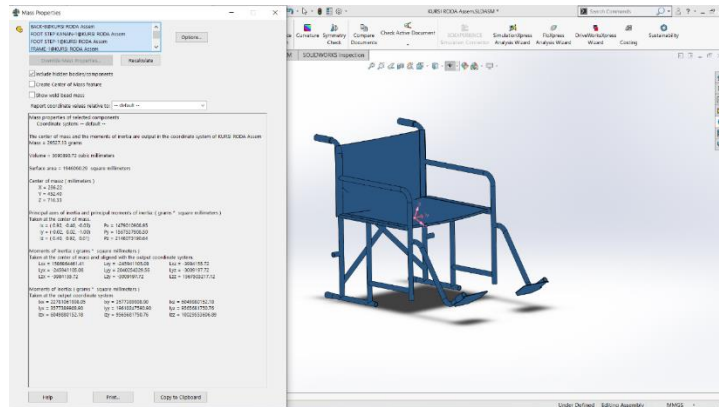
2. *Stainless Steel 316*

Analisa perhitungan berat kerangka kursi roda dengan material *stainless steel 316* dengan menggunakan fitur *mass properties* di *software Solidworks* didapatkan nilai sebesar 29527,13 gram atau sebesar 29,25713 kilogram. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 29,25713 \text{ kg} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 286,9246 \text{ N}$$



Gambar 4.6 *Mass Properties* kerangka kursi roda bahan *Stainless Steel* 316

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Tabel 4.5 Berat Komponen Kursi Roda Bahan *Stainless Steel* 316

Komponen Kursi Roda	Berat	Jumlah	Berat Total
Backrest	1336,42 gram	1	1,33642 kilogram
Seat	17580.04 gram	1	17,58004 kilogram
Foot Step	295,02 gram	2	0,59004 kilogram
Handle	263,97 gram	2	0,52794 kilogram
Foot Assistance	57,26 gram	2	0,1145 kilogram
Frame	9378,18 gram	1	9,37818 kilogram

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

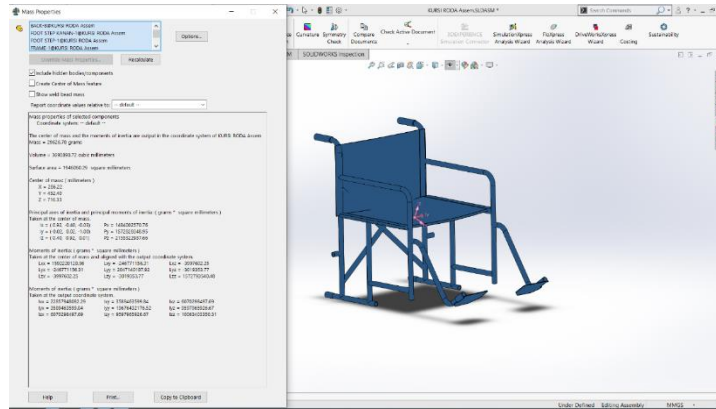
3. *Stainless Steel* 316 *Annealed*

Analisa perhitungan berat kerangka kursi roda dengan material *stainless steel* 316 *annealed* dengan menggunakan fitur *mass properties* di *software Solidworks* didapatkan nilai sebesar 29626,78 gram atau sebesar 29,62678 kilogram. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 29,62678 \text{ kg} \times 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 290,5498 \text{ N}$$



Gambar 4.7 Mass Properties kerangka kursi roda Stainless Steel 316 Annealed

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Tabel 4.6 Berat Komponen Kursi Roda Bahan Stainless Steel 316 Annealed

Komponen Kursi	Berat	Jumlah	Berat Total
Roda			
Backrest	1340,93 gram	1	1,34093 kilogram
Seat	17639,38 gram	1	17,63938 kilogram
Foot Step	296,01 gram	2	0,59202 kilogram
Handle	264,86 gram	2	0,52972 kilogram
Foot Assistance	57,45 gram	2	0,1149 kilogram
Frame	9409,83 gram	1	9,40983 kilogram

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025).

4.2 Analisa Perhitungan Rangka Kursi Roda Secara Analitik

4.2.1 Analisa Perhitungan Nilai Tegangan Pada Rangka Kursi Roda

Nilai tegangan yang akan dihitung adalah nilai tegangan tekan. Karena pada kondisi ini, beban yang diterima oleh material bekerja secara menekan, bukan menarik atau geser. Perhitungan nilai tegangan tekan ini dilakukan untuk mengetahui apakah material mampu menahan beban yang diberikan tanpa mengalami kegagalan. Langkah awal untuk Menghitung tegangan tekan pada rangka dengan rumus berikut :

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

Dimana : P = Beban yang bekerja

A = Luas Penampang

Diketahui : $P = 130\text{kg} > 1275,3 \text{ N}$

$A = \text{Panjang Penampang} \times \text{Lebar Penampang}$

$$A = 526,45 \times 417,00$$

$$A = 219,532.65 \text{ mm}^2$$

Ditanya : $\sigma = ?$

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } \sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{1275,3}{219,532.65} \end{aligned}$$

$$= 0,00581 \text{ MPa}$$

Jadi, tegangan yang dihasilkan kerangka kursi roda sebesar 0,00581 MPa

4.2.2 Analisa Perhitungan Nilai Regangan Pada Rangka Kursi Roda

Nilai regangan yang akan dihitung adalah nilai regangan linier. Regangan linier berfungsi untuk mengetahui batas elastisitas material, yang artinya sejauh mana material dapat mengalami perubahan bentuk tanpa mengalami deformasi permanen setelah diberikan beban. Menghitung regangan linier pada rangka berbahan *stainless steel 201* dengan rumus berikut:

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

Dimana : σ = Nilai tegangan

E = Modulus elastisitas material

Diketahui : $\sigma = 0,00581\text{MPa}$

$$E = 200$$

$$\text{Jawab : } \epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$= \frac{0,00581}{200}$$

$$= 2,905 \times 10^{-8} > 0,00295\%$$

Jadi, regangan yang dihasilkan 0,00295%

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai regangan linier pada rangka berbahan *stainless steel 316* dan *stainless steel 316 annealed*.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\sigma}{E} \\ &= \frac{0,0581}{193} \end{aligned}$$

$$= 3,009 \times 10^{-8} > 0,000003009\%$$

Jadi, regangan yang dihasilkan adalah 0,000003009%

4.2.3 Analisa Perhitungan Nilai Deformasi Pada Rangka Kursi Roda

Nilai deformasi yang akan dihitung adalah nilai deformasi plastis. Karena deformasi plastis terjadi ketika material mengalami perubahan bentuk permanen setelah melewati batas elastisnya. Untuk menghitung nilai deformasi plastis kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 201, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L_0 = \frac{\sigma}{E} \cdot L_0$$

Yang dimana : ε : Modulus elastisitas material

σ : Tegangan kerja

L_0 : Nilai panjang awal material

Untuk nilai panjang awal material belum diketahui, maka deformasi tidak bisa dihitung secara absolut namun bisa dinyatakan dalam bentuk persamaan umum.

Ditanya : $\Delta L = ?$

$$\text{Jawab : } \Delta L = \varepsilon \cdot L_0 = \frac{\sigma}{E} \cdot L_0$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\sigma}{E} = \frac{0,00581}{200} \\ &= 2,905 \times 10^{-8} \cdot L_0 \end{aligned}$$

Jadi, nilai deformasi yang dihasilkan pada kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 201 adalah $2,905 \times 10^{-8} \cdot L_0$

Langkah berikutnya adalah menghitung deformasi plastis pada kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 316 dan 316 *annealed*.

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L_0 = \frac{\sigma}{E} \cdot L_0$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\sigma}{E} = \frac{2,420}{193} \\ &= 3,009 \times 10^{-8} \cdot L_0 \end{aligned}$$

Jadi, nilai deformasi yang dihasilkan pada kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 316 dan 316 *annealed* adalah $3,009 \times 10^{-8} \cdot L_0$

4.2.4 Analisa Perhitungan Nilai Faktor Keamanan Pada Rangka Kursi Roda

Menghitung nilai faktor keamanan kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 201, 316, dan 316 annealed dengan menggunakan rumus berikut :

$$FoS = \frac{\sigma_{Yield}}{\sigma_{Aktual}}$$

Yang dimana : σ_{yield} = Tegangan izin material

σ_{Aktual} = Tegangan kerja

Ditanya :

1. Nilai *Factor of Safety* Kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 201
2. Nilai *Factor of Safety* Kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 316
3. Nilai *Factor of Safety* Kerangka kursi roda berbahan *stainless steel* 316 annealed

Jawab :

1. Diketahui : $\sigma_{yield} = 275\text{MPa}$

$$\sigma_{Aktual} = 130\text{kg}$$

Ditanya : $FoS = ?$

$$\text{Jawab : } FoS = \frac{\sigma_{Yield}}{\sigma_{Aktual}}$$

$$= \frac{275}{130}$$

$$= 2,11$$

2. Diketahui : $\sigma_{yield} = 205\text{MPa}$

$$\sigma_{Aktual} = 130\text{kg}$$

Ditanya : $FoS = ?$

$$\text{Jawab : } FoS = \frac{\sigma_{Yield}}{\sigma_{Aktual}}$$

$$= \frac{205}{130}$$

$$= 1,57$$

3. Diketahui : $\sigma_{yield} = 207\text{MPa}$

$$\sigma_{Aktual} = 130\text{kg}$$

Ditanya : $FoS = ?$

$$\text{Jawab : } FoS = \frac{\sigma_{Yield}}{\sigma_{Aktual}}$$

$$= \frac{205}{130}$$

$$= 1,57$$

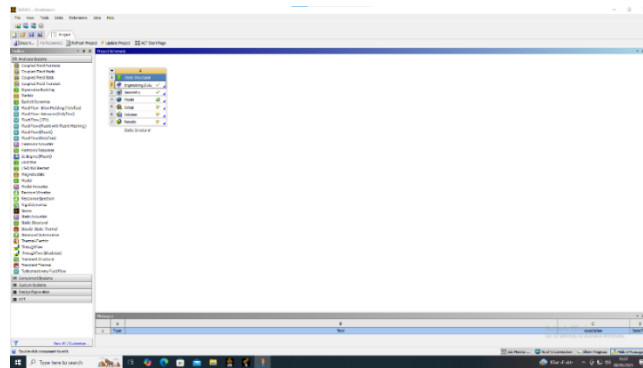
Jadi, nilai faktor keamanan kerangka kursi roda menggunakan material *stainless steel* 201 adalah 2,11, untuk material *stainless steel* 316 dan *stainless steel* 316 annealed didapat sebesar 1,57. Nilai yang dihasilkan masuk dalam kategori aman untuk digunakan.

4.3 Simulasi Metode Elemen Hingga

Perhitungan FEM (*Finite Elemen Method*) atau metode elemen hingga dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *software ANSYS Static Structural* yang bertujuan untuk melihat perubahan struktur yang terjadi akibat adanya deformasi pada desain rangka yang telah ditentukan. Simulasi ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan penggunaan material *stainless steel* yang jenisnya berbeda-beda.

4.3.1 Proses Pemrograman Simulasi

Setelah membuat rancangan desain model kerangka kursi roda, tahap selanjutnya adalah melakukan proses simulasi di *software ANSYS Workbench*. Tahapan awal yang dilakukan adalah mengatur *engineering data*, kemudian memasukkan geometri gambar yang sudah dibuat. Langkah selanjutnya adalah melakukan proses *meshing* dan memasukkan variabel-variabel yang dibutuhkan untuk dilakukannya simulasi.



Gambar 4.8 Tampilan Awal Program *ANSYS Workbench*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada simulasi di *software ANSYS Workbench* menggunakan fitur *analysis system static structural* yang akan digunakan dalam perhitungan analisa kekuatan statis dari desain rangka.

Tahapan dalam proses pemrograman *static structural* ;

1. *Engineering Data*

Pada tahap ini dilakukan pemilihan jenis material yang akan digunakan pada geometri kursi roda yang akan disimulasikan. Material yang digunakan adalah material

Stainless Steel 201, Stainless Steel 316 dan Stainless Steel 316 Annealed dengan masing masing nilai yang didapat sebesar :

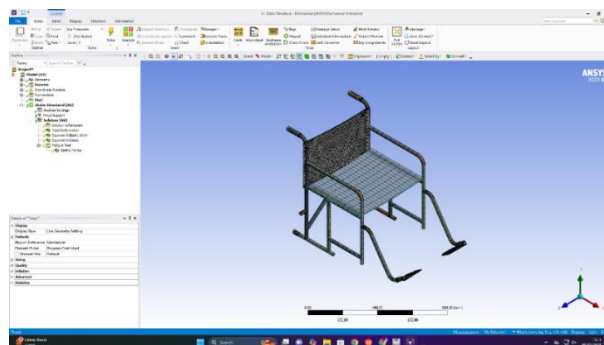
- a. Yield Strength *Stainless Steel 201* : 275MPa
- b. Ultimate Tensile Strength *Stainless Steel 201* : 515MPa
- c. Yield Strength *Stainless Steel 316* : 170MPa
- d. Ultimate Tensile Strength *Stainless Steel 316* : 485MPa
- e. Yield Strength *Stainless steel 316 Annealed* : 205Mpa
- f. Ultimate Tensile Strength *Stainless steel 316 Annealed* : 515MPa

2. Geometry

Proses ini dilakukan untuk memasukkan geometri rancangan desain yang telah dibuat sebelumnya dengan menggunakan *software Solidworks* yang kemudian disimpan dalam format *file STEP AP214 (*.STEP)*. Pada tahap ini, dapat dilakukan pemeriksaan keadaan geometri yang sudah diinput, apakah rancangan desain sudah sesuai dengan yang dirancang sebelumnya di *Software Solidworks*. Dan juga pada tahap ini dapat digunakan untuk mendeteksi dari rancangan yang telah dibuat apakah rancangan tersebut mengalami masalah atau tidak oleh pembacaan program *ANSYS*

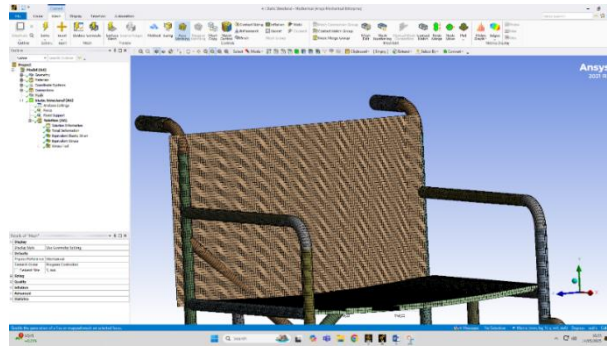
3. Meshing

Proses *meshing geometry* pada rancangan dilakukan agar proses simulasi numerik dapat dijalankan pada geometri desain kerangka kursi roda. Di simulasi ini, proses meshing dijalankan dengan menggunakan ukuran mesh sebesar 5mm dengan nodes sebanyak 5088774 dan elements sebanyak 111173. Bentuk *mesh* yang dihasilkan berupa *tetrahedon*



Gambar 4.9 Hasil *Meshing* Secara Keseluruhan Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

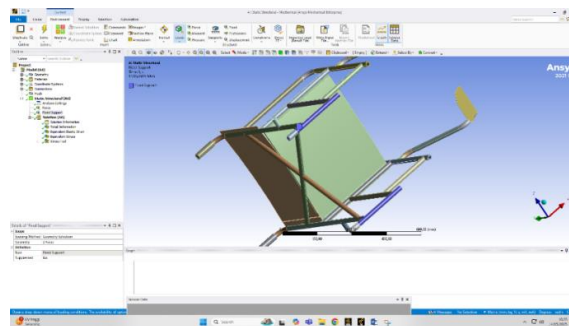


Gambar 4.10 Hasil Mesh Secara *Zoom In*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

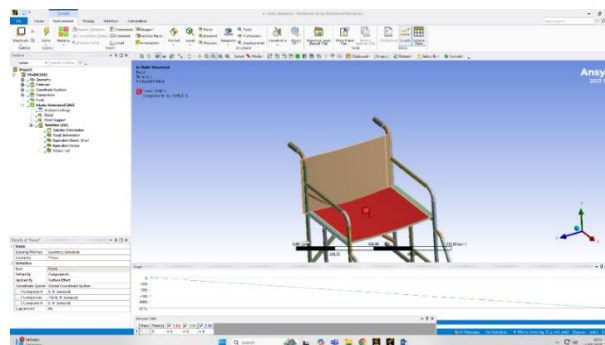
4. *Fixed Support* Dan *Force* (Pembebanan)

Tahap Selanjutnya adalah menentukan bagian yang akan menjadi tumpuan dan menentukan bagian mana yang akan diberi pembebanan. Pembebanan pada simulasi ini sebesar 1275,3N dan dilakukan hanya di satu titik pembebanan



Gambar 4.11 Letak *Fixed Support* Pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.12 Letak Pembebanan Pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

5. *Solution*

Tahap berikutnya adalah memasukkan parameter solusi dimana hasil dari perhitungan yang diinginkan untuk proses simulasi ini keluar. Parameter yang ditetapkan antara lain sebagai berikut :

- a. *Total Deformation*, digunakan sebagai nilai total deformasi
- b. *Equivalent Stress (Von-Misses)*, digunakan sebagai nilai distribusi tegangan
- c. *Equivalent Strain (Von-Misses)*, digunakan sebagai nilai distribusi regangan
- d. *Safety Factor*, sebagai nilai faktor keamanan

Kemudian langkah selanjutnya adalah proses perhitungan numerik simulasi *static structural* dijalankan.

6. Result

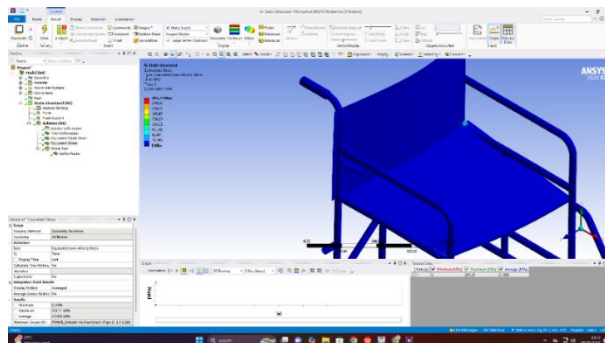
Tahap ini merupakan tahap akhir dimana data hasil perhitungan simulasi numerik keluar sesuai dengan yang telah deprogram dalam tahap *solution*. Data yang dihasilkan berupa *geometry* dan *report pre-view* yang dapat diambil sebagai hasil perhitungan simulasi pada rancangan kerangka kursi roda.

4.4 Analisa Data Hasil Simulasi

Data yang dihasilkan dari simulasi *static structural* berupa gambaran statika struktur pada rancangan dibagi menjadi tegangan, regangan, deformasi, dan faktor keamanan. Berikut ini adalah data yang didapatkan dari simulasi yang sudah dijalankan di rancangan dengan jenis material *stainless steel* yang berbeda beda :

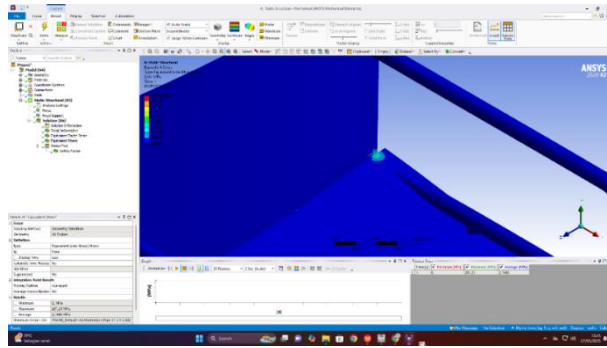
4.4.1 Simulasi Rangka Kursi Roda Dengan Material *Stainless Steel 201*

1. Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)



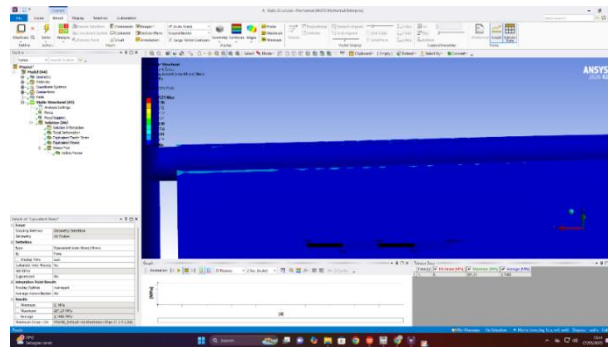
Gambar 4.13 Data Nilai Distribusi Tegangan Rangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



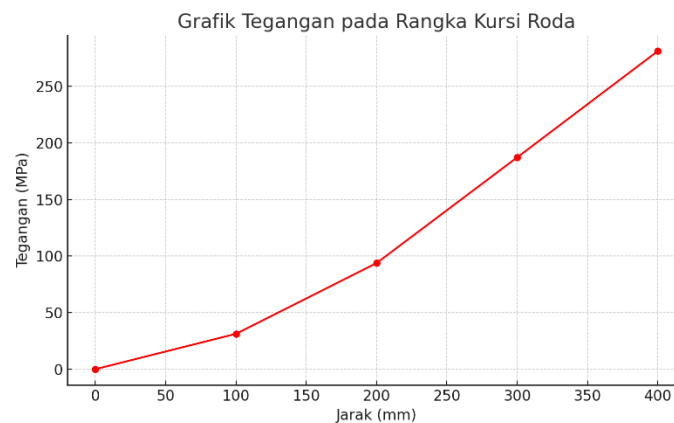
Gambar 4.14 Tampak Dekat Pada Bagian *Seat*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.15 Tampak Dekat Bagian *Seat* Sebelah Kanan

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.16 Grafik Tegangan Pada Kerangka Kursi Roda

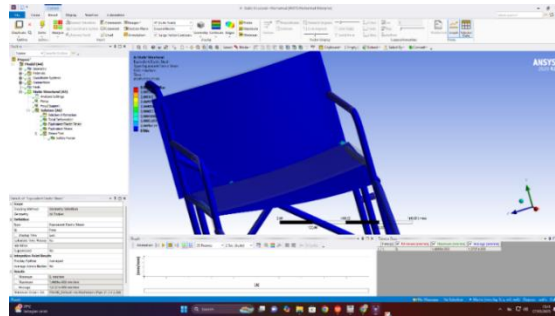
Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada gambar 4.13, data menunjukkan kerangka kursi roda dengan menggunakan material *stainless steel* 201 mengalami tegangan dengan nilai *equivalent stress* maksimal 281,21MPa, nilai *equivalent stress* rata-rata sebesar 2,7458MPa, dan nilai *equivalent*

minimal sebesar 0MPa. Kemudian pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 menjelaskan bahwa tegangan rata rata terdapat pada bagian *seat*.

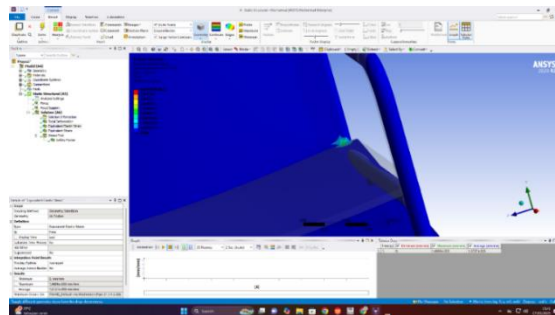
Grafik yang dihasilkan menjelaskan bahwa tegangan meningkat secara signifikan dari bagian belakang kursi roda hingga ke bagian *seat* kursi roda dengan nilai maksimumnya adalah 281,21MPa. Nilai maksimum yang dihasilkan hampir mendekati tegangan izin material *stainless steel* 201. Terdapat kemungkinan terjadi kerusakan pada bagian *seat*.

2. Regangan (*Strain*)



Gambar 4.17 Regangan Total pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

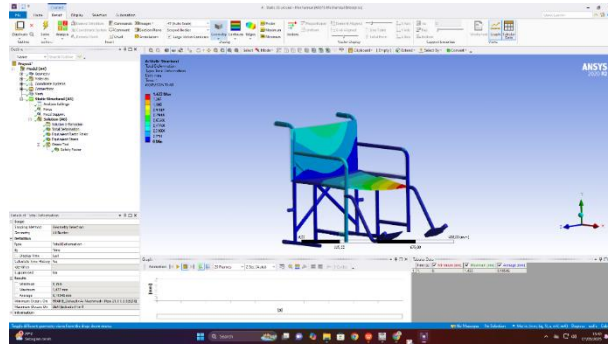


Gambar 4.18 Tampak Dekat Regangan Yang Dihasilkan

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

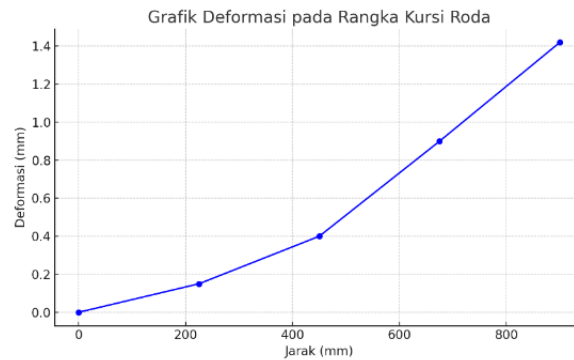
Pada gambar 4.17, data yang dihasilkan adalah pada bagian seat terjadi pergeseran sedikit yang artinya seat masih mampu menopang beban. Gambar 4.18 menunjukkan regangan rata rata yang dihasilkan terletak pada bagian belakang kerangka di sebelah kiri. Regangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0,001469%, regangan rata-rata sebesar 0,001573%, dan regangan minimal sebesar 0mm.

3. Total Deformasi (*Deformation Total*)



Gambar 4.19 Tampak Keseluruhan Hasil Deformasi Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



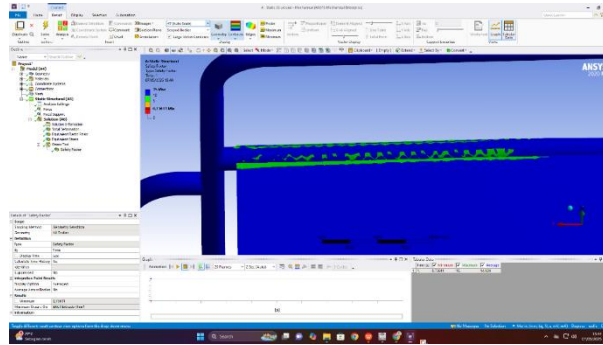
Gambar 4.20 Grafik Deformasi Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada Gambar 4.19, deformasi yang dihasilkan mengalami pergeseran di bagian *seat* dengan nilai sebesar 1.422mm pada bagian seat ujung kiri, nilai rata-rata deformasi sebesar 0,199546mm, dan nilai rata-rata deformasi sebesar 0mm.

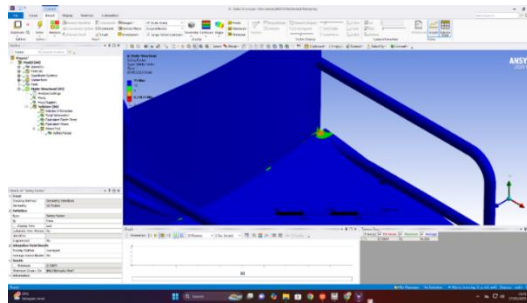
Grafik diatas menunjukkan bahwa deformasi terjadi secara progresif seiring dengan bertambahnya jarak. Titik deformasi terjadi di bagian depan *seat* yang merupakan penampang beban. Nilai deformasi yang dihasilkan adalah <2mm yang artinya nilai tersebut kecil. Dapat diambil kesimpulan bahwa kerangka kursi roda dapat menahan beban pengguna.

4. Faktor Keamanan (*Safety of Factor*)



Gambar 4.21 Tampak Dekat Pada Bagian Kerangka Sebelah Kanan

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



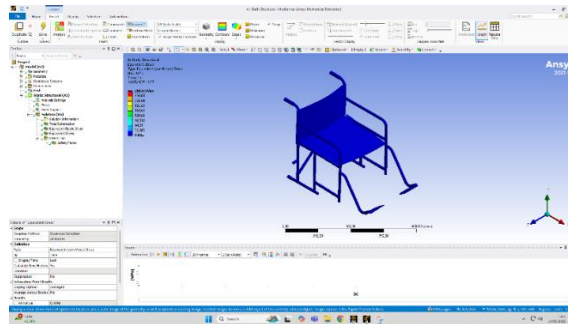
Gambar 4.22 Tampak Dekat Pada Bagian Kerangka Sebelah Kiri

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan rata-rata adalah 5, kemudian untuk nilai faktor keamanan maksimal adalah 15, serta untuk nilai minimal faktor keamanan adalah 0,73611. Nilai faktor keamanan bisa tinggi dikarenakan struktur kerangka lebih kuat dibandingkan dengan beban yang bekerja pada kerangka kursi roda dan beban tersebar secara merata. Dalam buku *Shigley's Mechanical Engineering Design*, dijelaskan bahwa untuk material yang bersifat lunak dan berada dibawah beban statis, faktor keamanan yang direkomendasikan adalah sebesar 1,5 sampai dengan 2,5. Nilai yang dihasilkan menunjukkan bagian *seat* tidak mampu beban yang bekerja dan nilai tersebut tidak masuk kedalam standar faktor keamanan. Namun, rangka masih aman untuk digunakan dan perlu adanya perbaikan pada titik yang ditandai warna merah.

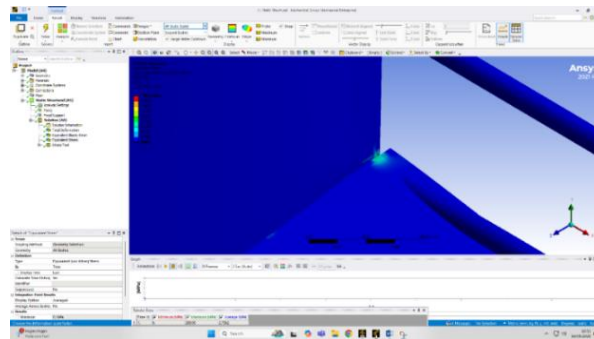
4.4.2 Simulasi Rangka Kursi Roda Dengan Material *Stainless Steel 316*

1. Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)



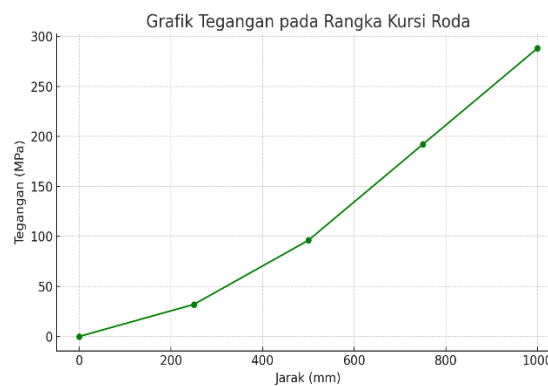
Gambar 4. 23 Data Nilai Distribusi Tegangan Rangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.24 Tampak Dekat Pada Bagian *Seat*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)



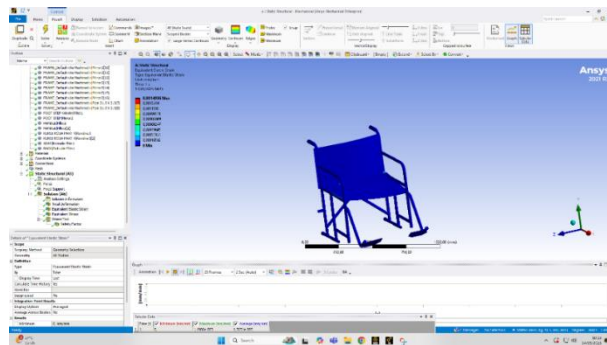
Gambar 4.25 Grafik Distribusi Tegangan Pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada gambar 4.23, data menunjukkan kerangka kursi roda dengan menggunakan material *stainless steel 316* mengalami tegangan dengan nilai *equivalent stress* maksimal 281,21MPa, nilai *equivalent stress* rata-rata sebesar 2,7458MPa, dan nilai

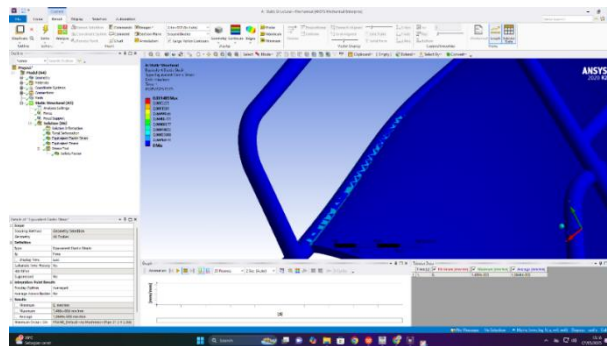
equivalent minimal sebesar 0MPa. Kemudian pada gambar 4.24 menjelaskan bahwa tegangan rata rata terdapat pada bagian *seat*. Grafik yang dihasilkan menunjukkan tegangan yang dihasilkan meningkat secara signifikan, serta nilai maksimal tegangan yang dihasilkan melebihi tegangan izin material yang berisiko terjadinya kerusakan pada kerangka kursi roda.

2. Regangan (*Strain*)



Gambar 4.26 Regangan Total pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

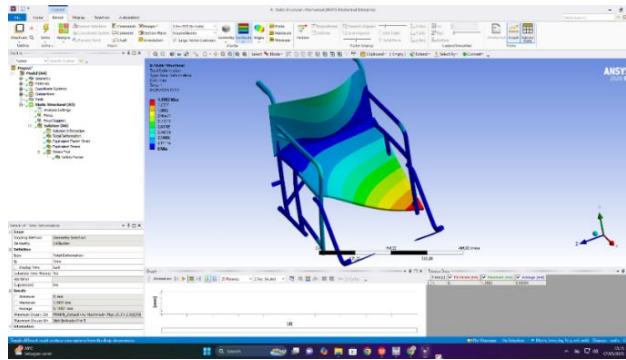


Gambar 4.27 Tampak Dekat Regangan Yang Dihasilkan

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

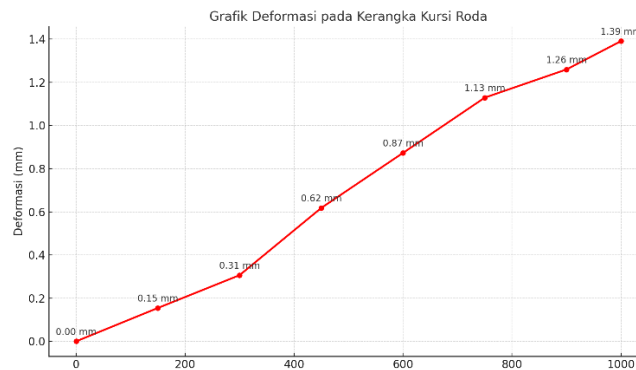
Pada gambar 4.26, data yang dihasilkan adalah pada bagian seat terjadi pergeseran sampai ke bawah mendekati *footrest*, artinya seat tidak mampu menopang beban. Gambar 4.27 menunjukkan regangan rata rata yang dihasilkan terletak pada bagian batang kerangka di sebelah kiri. Regangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0,001489mm, regangan rata-rata sebesar 0,0015651mm, dan regangan minimal sebesar 0mm.

3. Total Deformasi (*Deformation Total*)



Gambar 4.28 Tampak Keseluruhan Hasil Deformasi Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

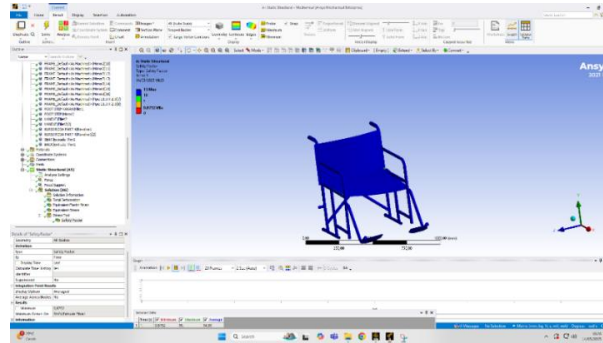


Gambar 4.29 Grafik Deformasi pada kerangka kursi roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada Gambar 4.28, deformasi yang dihasilkan mengalami pergeseran di bagian *seat* hingga menyentuh bagian bawah rangka dengan nilai sebesar 1.3902mm pada bagian seat ujung kiri, nilai rata-rata deformasi sebesar 0,19301mm, dan nilai minimal deformasi mendapat nilai sebesar 0mm. Grafik yang dihasilkan menunjukkan bahwa deformasi meningkat secara progresif.

4. Faktor Keamanan (*Safety of Factor*)



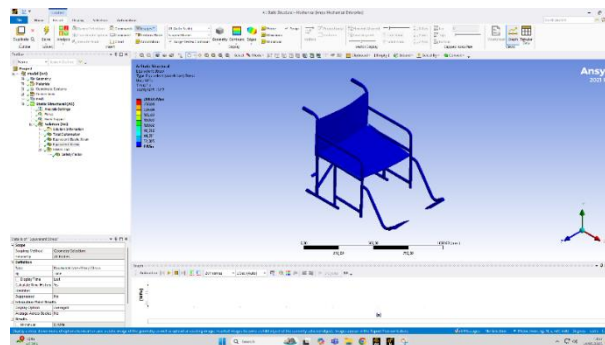
Gambar 4.30 Hasil *Factor of Safety*

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Gambar 4.30 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan rata-rata adalah 5, kemudian untuk nilai faktor keamanan maksimal adalah 15, serta untuk nilai minimal faktor keamanan adalah 0,87562. Nilai faktor keamanan bisa tinggi dikarenakan struktur kerangka lebih kuat dibandingkan dengan beban yang bekerja pada kerangka kursi roda dan beban tersebar secara merata. Pada kerangka kursi roda, bagian kerangka terutama bagian footrest mengalami pergeseran, serta bagian kiri mengalami pembengkokan. Dalam buku *Shigley's Mechanical Engineering Design*, dijelaskan bahwa untuk material yang bersifat lunak dan berada dibawah beban statis, faktor keamanan yang direkomendasikan adalah sebesar 1,5 sampai dengan 2,5. Nilai yang dihasilkan tidak mampu menahan beban yang bekerja dan nilai tersebut tidak masuk dalam standar faktor keamanan, namun rangka masih tetap aman untuk digunakan

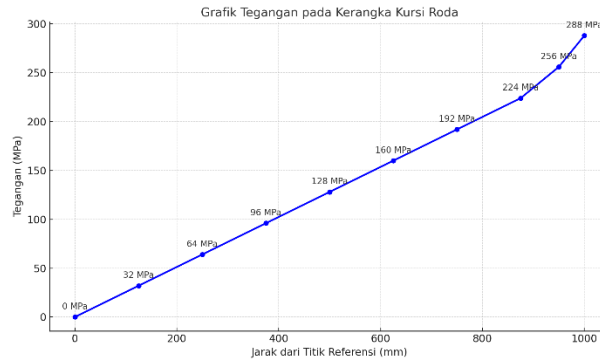
4.4.3 Simulasi Rangka Kursi Roda Dengan Material *Stainless Steel 316 Annealed*

1. Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)



Gambar 4. 31 Nilai Distribusi Tegangan Rangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

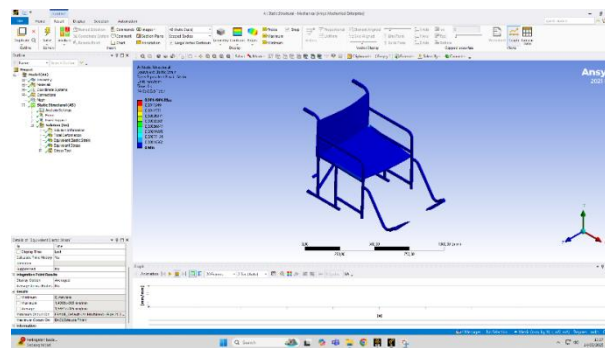


Gambar 4.32 Grafik Tegangan Pada Kerangka kursi roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Pada gambar 4.31, data menunjukkan kerangka kursi roda dengan menggunakan material *stainless steel* 316 mengalami tegangan dengan nilai *equivalent stress* maksimal 288,05MPa, nilai *equivalent stress* rata-rata sebesar 2,7582MPa, dan nilai *equivalent* minimal sebesar 0MPa. Grafik yang dihasilkan menunjukkan bahwa tegangan meningkat secara signifikan dan tegangan maksimum yang dihasilkan mendekati tegangan izin material. Hal ini dapat menimbulkan resiko kerusakan pada kerangka.

2. Regangan (Strain)

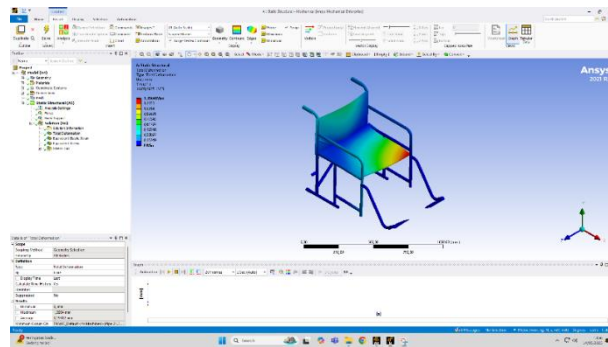


Gambar 4.33 Regangan Total pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

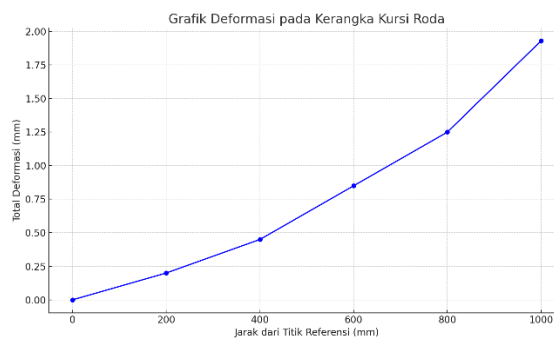
Pada gambar 4.33, data yang dihasilkan adalah pada bagian seat terjadi pergeseran sampai ke bawah mendekati *footrest*, artinya seat tidak mampu menopang beban. Regangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0,0014906mm, regangan rata-rata sebesar 0,15651mm, dan regangan minimal sebesar 0mm.

3. Total Deformasi (*Deformation Total*)



Gambar 4.34 Tampak Keseluruhan Hasil Deformasi Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

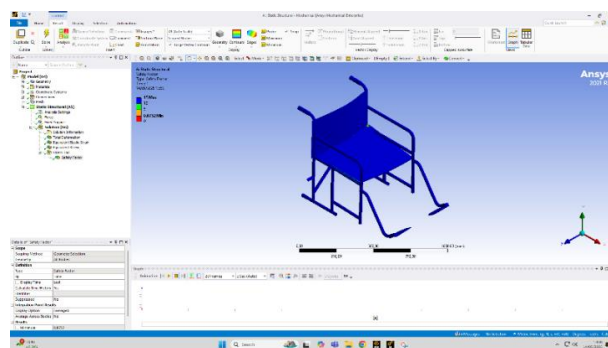


Gambar 4.35 Grafik Deformasi Pada Kerangka Kursi Roda

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

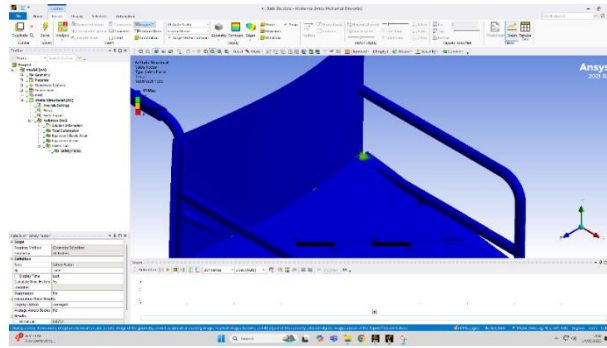
Pada Gambar 4.34, deformasi yang dihasilkan mengalami pergeseran di bagian *seat* dengan nilai sebesar 1.3904mm pada bagian *seat* ujung kiri, nilai rata-rata deformasi sebesar 0,19312mm di bagian *seat*, bagian *back*, dan sekitar bagian *handle* sebelah kanan. Nilai minimal deformasi didapat sebesar 0mm.

4. Faktor Keamanan (*Safety of Factor*)



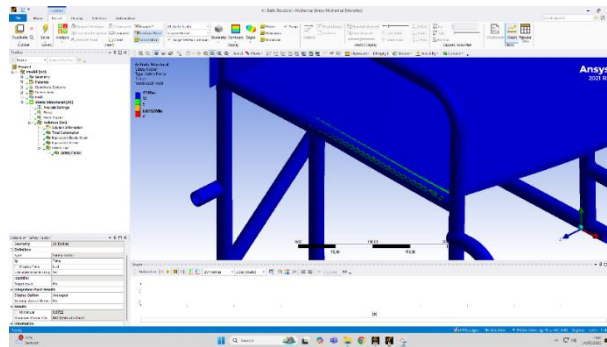
Gambar 4.36 Hasil *Factor of Safety*

(Sumber : Daniel Fernanda Putra., 2025)



Gambar 4.37 Detail Rata-Rata Nilai Factor of Safety.

(Sumber : Daniel Fernanda Putra, 2025)



Gambar 4.38 Detail Rata-Rata Nilai *Factor of Safety*.

(Sumber : Daniel Fernanda Putra, 2025)

Gambar 4.36 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan rata-rata adalah 5, kemudian untuk nilai faktor keamanan maksimal adalah 15, serta untuk nilai minimal faktor keamanan adalah 0,8752. Nilai faktor keamanan bisa tinggi dikarenakan struktur kerangka lebih kuat dibandingkan dengan beban yang bekerja pada kerangka kursi roda dan beban tersebar secara merata. Pada gambar 4.37 terdapat satu titik yang dinilai mampu menahan beban yang bekerja dikarenakan beban tidak terdistribusi dengan baik. Dalam buku *Shigley's Mechanical Engineering Design*, dijelaskan bahwa untuk material yang bersifat lunak dan berada dibawah beban statis, faktor keamanan yang direkomendasikan adalah sebesar 1,5 sampai dengan 2,5. Nilai yang dihasilkan tidak memenuhi standar faktor keamanan. Namun, rangka masih tetap aman untuk digunakan dan pada bagian yang ditandai dengan titik merah berisiko adanya kegagalan pada struktur kerangka dan harus diperkuat supaya kerangka kursi roda aman untuk digunakan

4.4.4 Hasil Simulasi Rangka Kursi Roda Dengan Menggunakan Tiga Material *Stainless Steel*

Berikut ini adalah hasil simulasi rangka kursi roda dengan menggunakan material *stainless steel* 201, 316, dan 316 *annealed*

Tabel 4. Hasil Simulasi Rangka Kursi Roda Menggunakan Tiga Material *Stainless Steel*

Material	<i>Stainless Steel 201</i>	<i>Stainless Steel 316</i>	<i>Stainless Steel 316 Annealed</i>
Nilai Tegangan	Nilai Maksimal = 281,21 MPa Nilai Rata-Rata = 2,7485 MPa	Nilai Maksimal = 287,91 MPa Nilai Rata-Rata = 2,7577 MPa	Nilai Maksimal = 287,91 MPa Nilai Rata-Rata = 2,7582 MPa
Nilai Regangan	Nilai Maksimal = 0,001469%, Nilai Rata-Rata =0,001573%,	Nilai Maksimal = 0,001489% Nilai Rata-Rata =0,001564%	Nilai Maksimal = 0,0014906% Nilai Rata-Rata = 0,0015651%
Nilai Deformasi	Nilai Maksimal = 1.422mm Nilai Rata-Rata = 0,199546mm	Nilai Maksimal = 1.3902mm Nilai Rata-Rata = 0,19301mm	Nilai Maksimal = 1.3904mm Nilai Rata-Rata = 0,19312mm
Nilai Faktor Keamanan	Nilai Maksimal = 15 Nilai Rata-Rata = 5 Nilai Minimal = 0,73611	Nilai Maksimal = 15 Nilai Rata-Rata =5 Nilai Minimal = 0,87562	Nilai Maksimal = 15 Nilai Rata-Rata = 5 Nilai Minimal = 0,8752

Sumber : (Daniel Fernanda Putra, 2025)

Berdasarkan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa material *stainless Steel* 316 dan *stainless Steel* 316 *Annealed* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *stainless Steel* 201 dalam aspek tegangan, regangan, deformasi, dan faktor keamanan. Tegangan maksimum pada ketiga material relatif sama, namun 316 dan 316 *annealed* memiliki keunggulan pada deformasi dan regangan yang lebih rendah. Deformasi maksimal yang dihasilkan pada rangka kursi roda dengan material *stainless steel* 316 *annealed* adalah sebesar 1,38904mm dan rangka kursi roda dengan material *stainless steel* 316 adalah sebesar 1,3902mm. Nilai yang dihasilkan lebih kecil jika dibandingkan dengan rangka kursi roda

dengan material *stainless steel* 201 yang menghasilkan nilai sebesar 1,422mm. Ini menandakan struktur lebih kaku dan stabil. Nilai faktor keamanan minimal yang dihasilkan pada rangka kursi roda dengan material *stainless steel* 316 adalah sebesar 0,87562 dan rangka kursi roda dengan material *stainless steel* 316 *annealed* adalah sebesar 0,8752, sedangkan nilai deformasi minimal yang dihasilkan rangka kursi roda dengan material *stainless steel* 201 adalah sebesar 0,73611. Ini menunjukkan bahwa *stainless steel* 201 memiliki titik yang berisiko gagal secara lokal, sehingga kurang direkomendasikan. Material yang digunakan pada rangka kursi roda menunjukkan nilai faktor keamanan rata-rata sebesar 5, jauh di atas nilai minimum nilai standar faktor keamanan, namun titik dengan nilai minimum tetap perlu diperhatikan untuk keamanan.