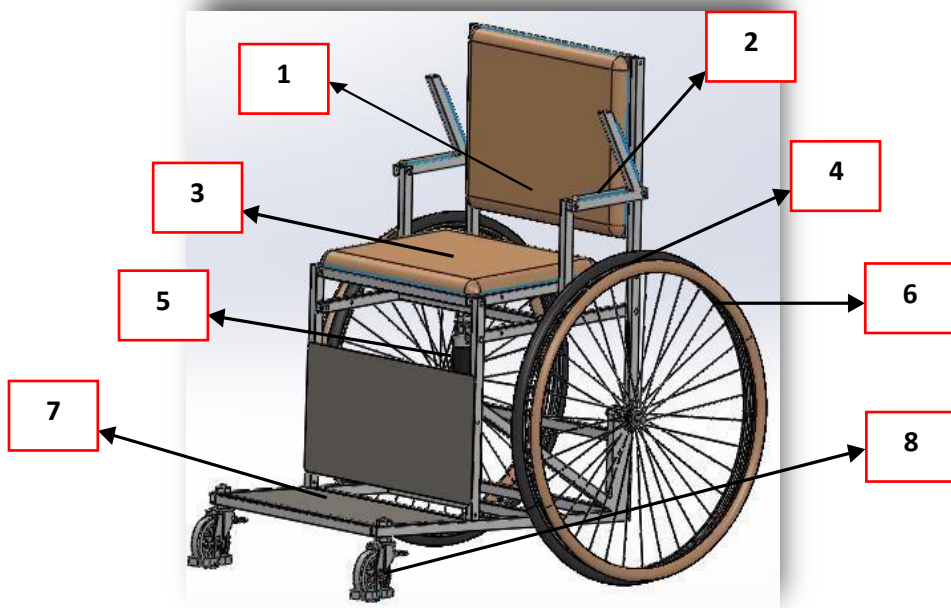


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Perancangan Desain

Model desain kursi roda yang akan dipakai merupakan model kursi roda yang dapat berdiri. Rancangan desain ini berjenis 3D yang dibuat dengan menggunakan *software Solidworks*. Berikut ini rancangan desain dari model rangka kursi roda :



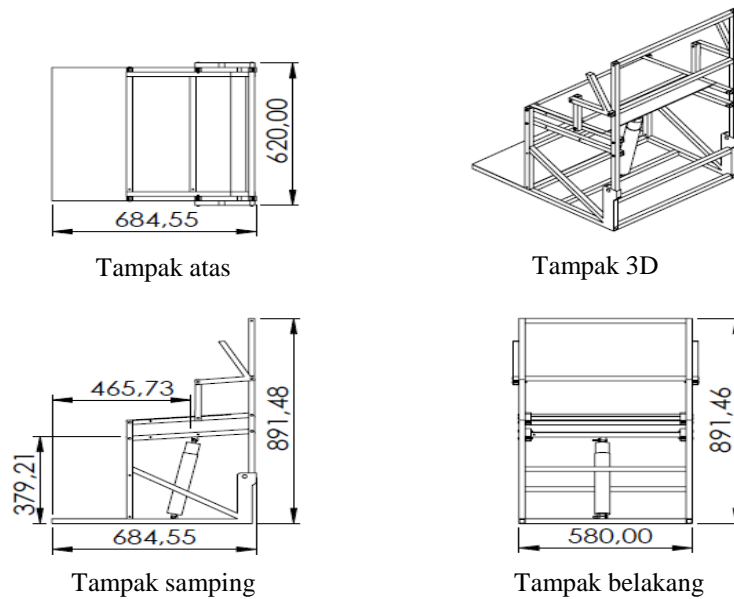
Gambar 4. 1 Desain 3D kursi roda

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Keterangan Gambar:

- | | |
|----------------|-------------------|
| 1. Backrest | 5. Hydraulic |
| 2. Armrest | 6. Handrim |
| 3. Seat | 7. Footrest |
| 4. Rear wheels | 8. Casters wheels |

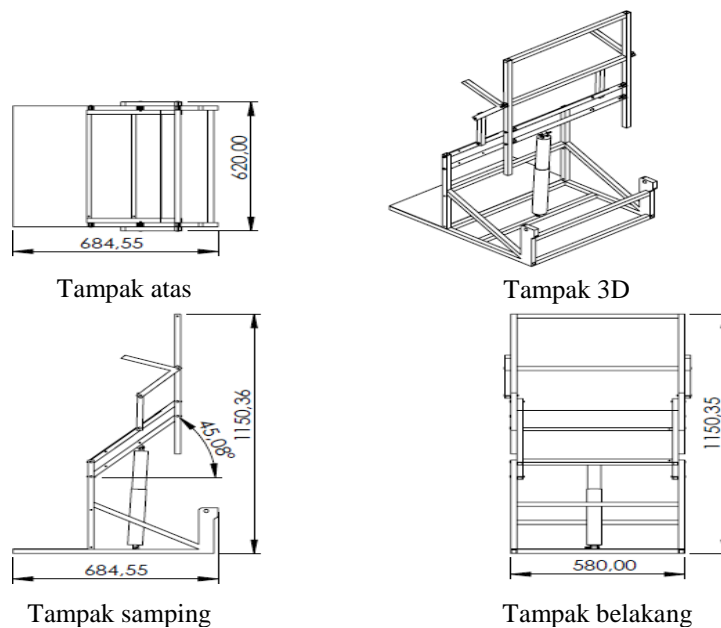
4.1.1 Desain Rangka 2D Kursi Roda Posisi Duduk



Gambar 4. 2 Dimensi rangka kursi roda posisi duduk
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Dari gambar 4.2 profil rangka kursi roda duduk memiliki tinggi 891,46 mm, panjang rangka sebesar 684,55, Lebar backrest sepanjang 620 mm, jarak tempat duduk sampai footrest memiliki jarak 465,73 mm, tinggi tempat duduk sampai permukaan bawah sebesar 379,21 mm

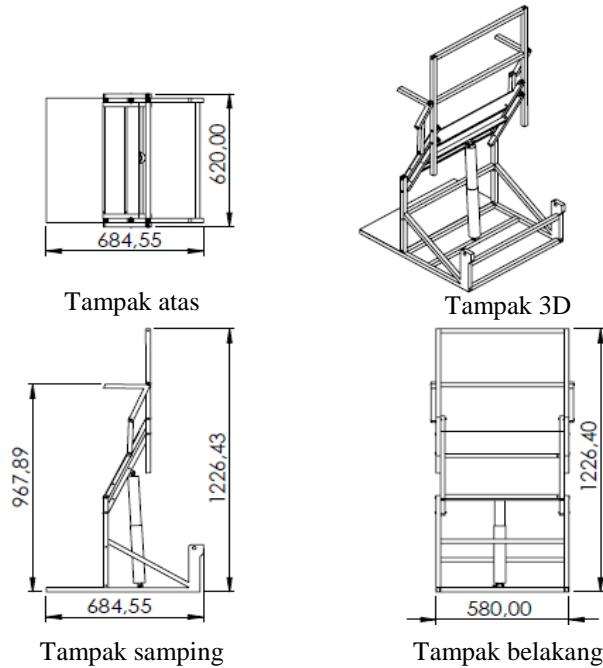
4.1.2 Desain Rangka 2D Kursi Roda Posisi 45°



Gambar 4. 3 Dimensi rangka kursi roda posisi 45°
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Dari gambar 4.3 profil rangka kursi roda berdiri 45° derajat memiliki tinggi 1150,36 mm, panjang rangka sebesar 684,55 mm, profil rangka pada bagian seat memiliki sudut kemiringan 45° derajat dan lebar rangka sebesar 580 mm.

4.1.3 Desain Rangka 2D Kursi Roda Posisi Berdiri



Gambar 4. 4 Dimensi rangka kursi roda posisi berdiri

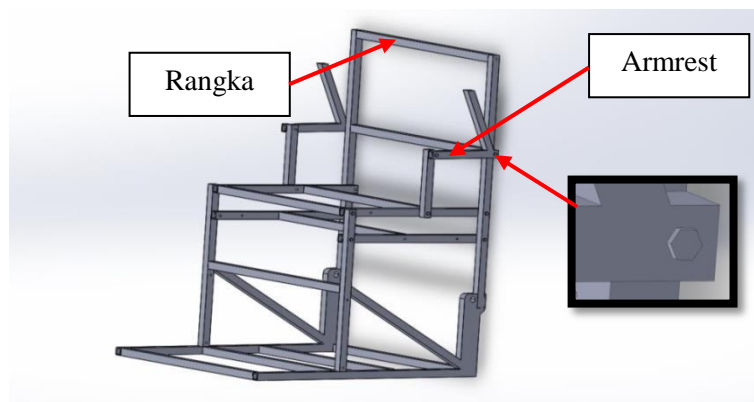
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Dari gambar 4.4 profil rangka kursi roda berdiri memiliki tinggi 1226,40 mm, panjang rangka sebesar 684,55, Lebar rangka pada bagian belakang backrest sepanjang 620 mm, lebar rangka pada bagian bawah sebesar 580 mm, jarak armrest sampai permukaan bawah sebesar 967,89 mm

4.1.4 Design Of Assembly

Assembly merupakan proses penggabungan bagian-bagian dari komponen rangkakursi roda sehingga menghasilkan satu kesatuan dari kursi roda tersebut sesuai dengan fungsi masing-masing.

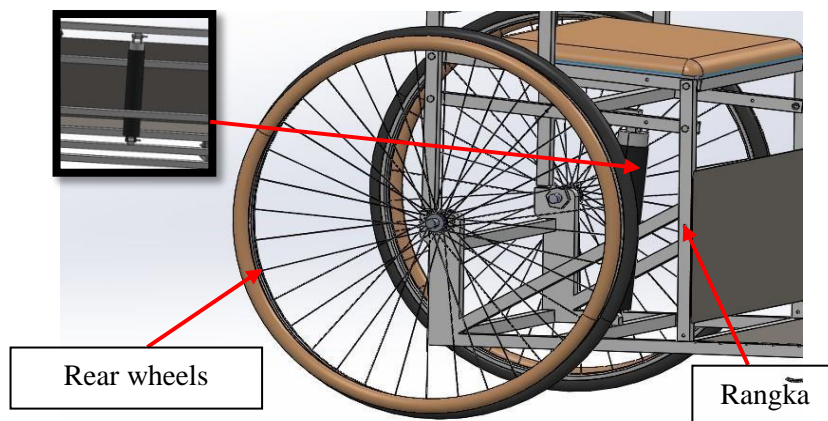
1. Pada rangka kursi roda beberapa baut dipasangkan pada beberapa sisi untuk menyambungkan dari material satu ke yang lainnya, seperti contoh pada bagian armrest (sandaran lengan) sudah terpasang baut.



Gambar 4. 5 Rangka kursi roda dan armrest sesudah di assembly

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

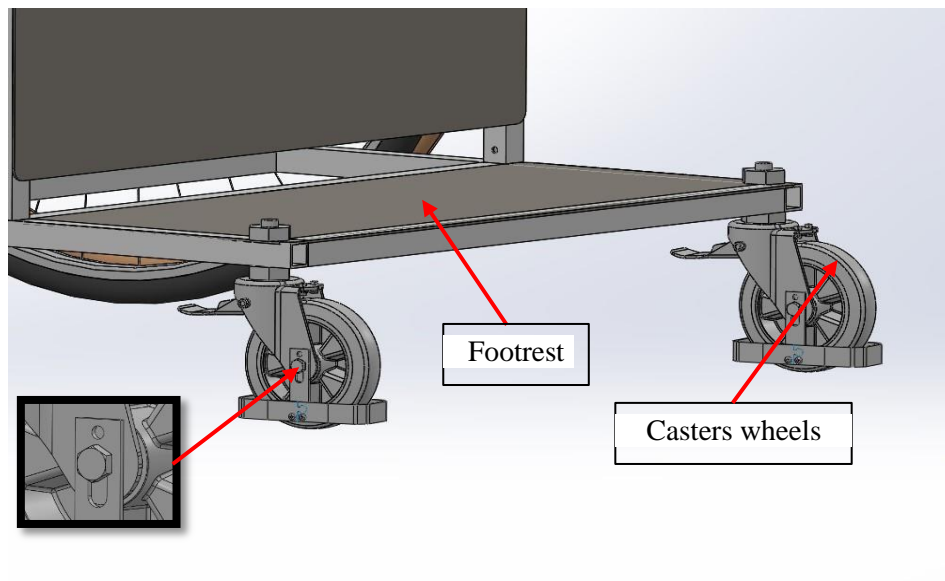
2. Hidrolik dipasangkan pada rangka tepat berada di tengah-tengah antara wheels (roda belakang) dengan menggunakan baut



Gambar 4. 6 Desain hidrolik sesudah di assembly

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

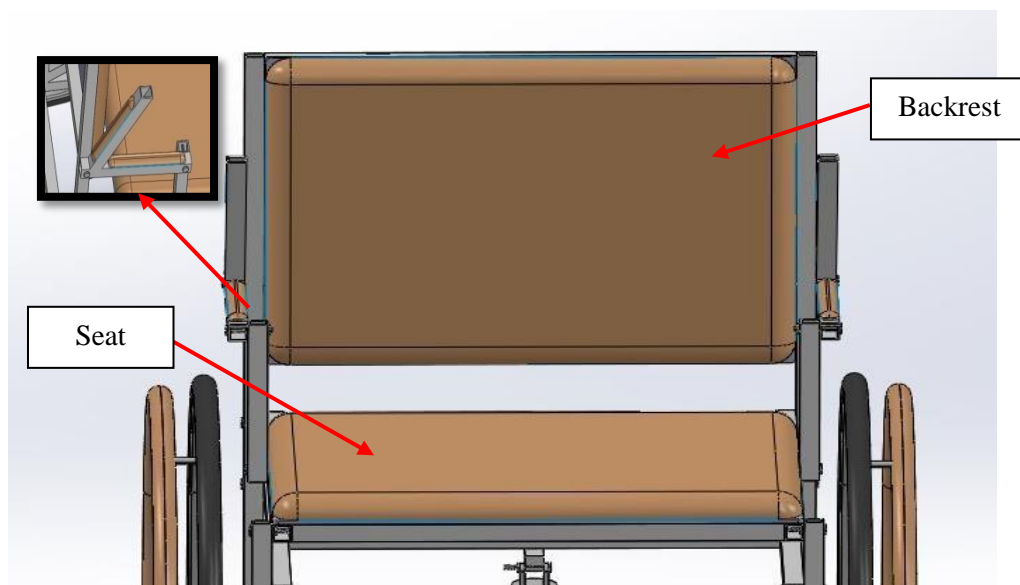
3. Roda depan (Casters wheels) diletakkan pada bagian bawah footrest (pijakan kaki) dengan bantuan baut



Gambar 4. 7 Desain roda depan sesudah di assembly

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

4. Bantalan pada kursi roda diletakkan pada bagian sandaran badan (backrest) dan dudukan (seat) pada rangka serta pada bagian armrest, dipasang dengan bantuan baut.



Gambar 4. 8 Bantalan pada kursi roda sesudah di assembly

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

4.2 Pemberian Beban/Load

4.2.1 Berat Pengendara

Pembebanan dilakukan sebagai salah satu tahapan proses dari simulasi static structural pada *software ANSYS*. Beban dari pengendara didistribusikan kepada struktur rangka kursi roda sesuai dengan bentuk tubuh pengendara. Nilai dari tubuh pengendara dipisahkan menjadi bagian-bagian terpisah, seperti kepala, leher, lengan, tangan, batang tubuh, paha, betis, dan kaki.

Tabel 4. 1 Tabel Estimasi Setiap Segment Massa
Pada Tubuh Manusia (Kroemer Elbert.,2010)

<i>Segment</i>	<i>Empirical equation</i>	<i>Standard error of estimate</i>
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

Berdasarkan tabel yang didapat dari buku "*Engineering Physiology Bases Of Human Factors Engineering/Ergonomic* (Kroemer, Kroemer, and Kroemer-Elbert 2010), gaya yang digunakan dalam pengujian kekuatan material rangka dapat dihitung menggunakan perhitungan empiris tersebut.

Pembebanan/load dari tubuh pengendara yang akan ditempatkan pada rangka untuk simulasi static structural akan ditempatkan pada 3 titik dengan berat pengendara yang ditetapkan sebesar $W = 75$ kg, berikut perhitungan pada tiap titik pembebanan dari kursi roda posisi duduk, kursi roda posisi berdiri 45° derajat, dan kursi roda posisi berdiri:

- **Titik Pembebanan Kursi Roda Posisi Duduk**

a) Titik pertama adalah gaya F_{p1} , dimana gaya F_{p1} terdiri dari berat bagian tubuh lengan bawah dan tangan. Perhitungan gaya F_{p1} yaitu gaya total Forearm and hand $(0.0233W - 0,01)$ dikali gravitasi:

$$F_{p1} = (0.0233 \times 75 - 0,01) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p1} = 17,044 \text{ N}$$

b) Titik kedua adalah gaya F_{p2} , dimana gaya F_{p2} terdiri dari berat anggota tubuh. Perhitungan gaya F_{p2} yaitu gaya Head, neck, torso + thigh $(0.5940W - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02)$ dikali gravitasi:

$$F_{p2} = (0.5940 \times 75 - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

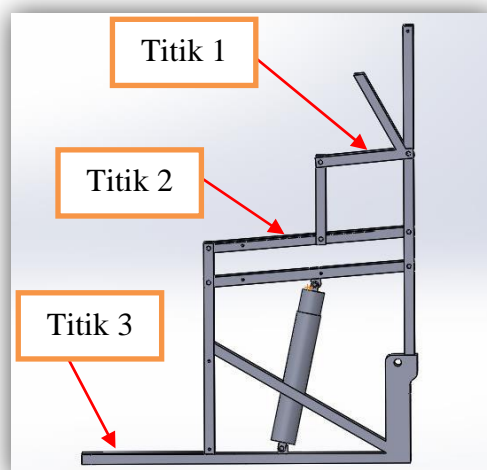
$$F_{p2} = 415,453 \text{ N} + 75,267 \text{ N}$$

$$F_{p2} = 490,720 \text{ N}$$

c) Titik ketiga adalah gaya F_{p3} , dimana gaya F_{p3} terdiri dari berat anggota tubuh bagian kaki. Perhitungan gaya F_{p3} yaitu gaya total foot $(0.0069W + 0.47)$ dikali gravitasi:

$$F_{p3} = (0.0069 \times 75 + 0.47) \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p3} = 9,687 \text{ N}$$



Gambar 4. 9 Titik pembebanan rangka kursi roda posisi duduk

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

- **Titik Pembebanan Kursi Roda Posisi 45° derajat**

a) Titik pertama adalah gaya F_{p1} , dimana gaya F_{p1} terdiri dari berat anggota tubuh bagian lengan bawah, tangan. Perhitungan gaya F_{p1} yaitu gaya total forearm dan hand $(0.0233W - 0,01)$ dikali gravitasi:

$$F_{p1} = (0.0233 \times 75 - 0,01) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p1} = 17,044 \text{ N}$$

b) Titik kedua adalah gaya F_{p2} , dimana gaya F_{p2} terdiri dari berat anggota tubuh bagian kepala, leher, batang tubuh dan paha. Perhitungan gaya F_{p2} yaitu gaya Head, neck, torso + Thigh $(0.5940W - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02)$ dikali gravitasi:

$$F_{p2} = (0.5940 \times 75 - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

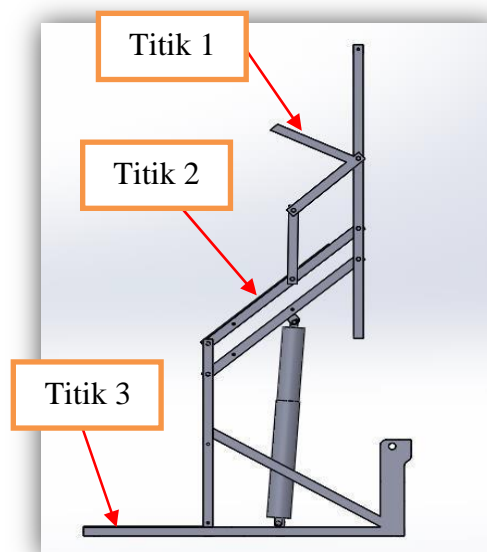
$$F_{p2} = 415,453 \text{ N} + 75,267 \text{ N}$$

$$F_{p2} = 490,720 \text{ N}$$

c) Titik kedua adalah gaya F_{p3} , dimana gaya F_{p3} terdiri dari berat anggota tubuh bagian kaki. Perhitungan gaya F_{p3} yaitu gaya foot $(0.0069W + 0,47)$ dikali gravitasi:

$$F_{p3} = (0.0069 \times 75 + 0,47) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p3} = 9,687 \text{ N}$$



Gambar 4. 10 Titik pembebanan rangka kursi roda posisi 45°

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

- **Titik Pembebanan Kursi Roda Posisi Berdiri**

- a) Titik pertama adalah gaya F_{p1} , dimana gaya F_{p1} terdiri dari berat bagian tubuh lengan atas, lengan bawah dan tangan. Perhitungan gaya F_{p1} yaitu gaya total arm $(0.0505W + 0,01)$ dikali gravitasi:

$$F_{p1} = (0.0505 \times 75 + 0,01) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p1} = 37,253 \text{ N}$$

- b) Titik kedua adalah gaya F_{p2} , dimana gaya F_{p2} terdiri dari berat anggota tubuh bagian kepala, leher, batang tubuh dan paha. Perhitungan gaya F_{p2} yaitu gaya Head, neck, torso + Thigh $(0.5940W - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02)$ dikali gravitasi:

$$F_{p2} = (0.5940 \times 75 - 2,20) + (0.1159 \times 75 - 1,02) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

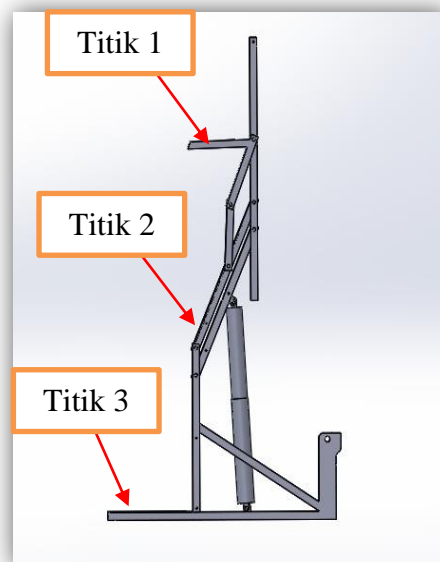
$$F_{p2} = 415,453 \text{ N} + 75,267 \text{ N}$$

$$F_{p2} = 490,720 \text{ N}$$

- c) Titik ketiga adalah gaya F_{p3} , dimana gaya F_{p3} terdiri dari berat anggota tubuh badan bagian, paha, betis dan kaki. Perhitungan gaya F_{p3} yaitu gaya total leg $(0.1582W + 0.05)$ dikali gravitasi:

$$F_{p3} = (0.1582 \times 75 + 0.05) \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{p3} = 116,886 \text{ N}$$



Gambar 4. 1 Titik pembebanan pada rangka kursi roda posisi berdiri

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

4.2.2 Berat Komponen Rangka

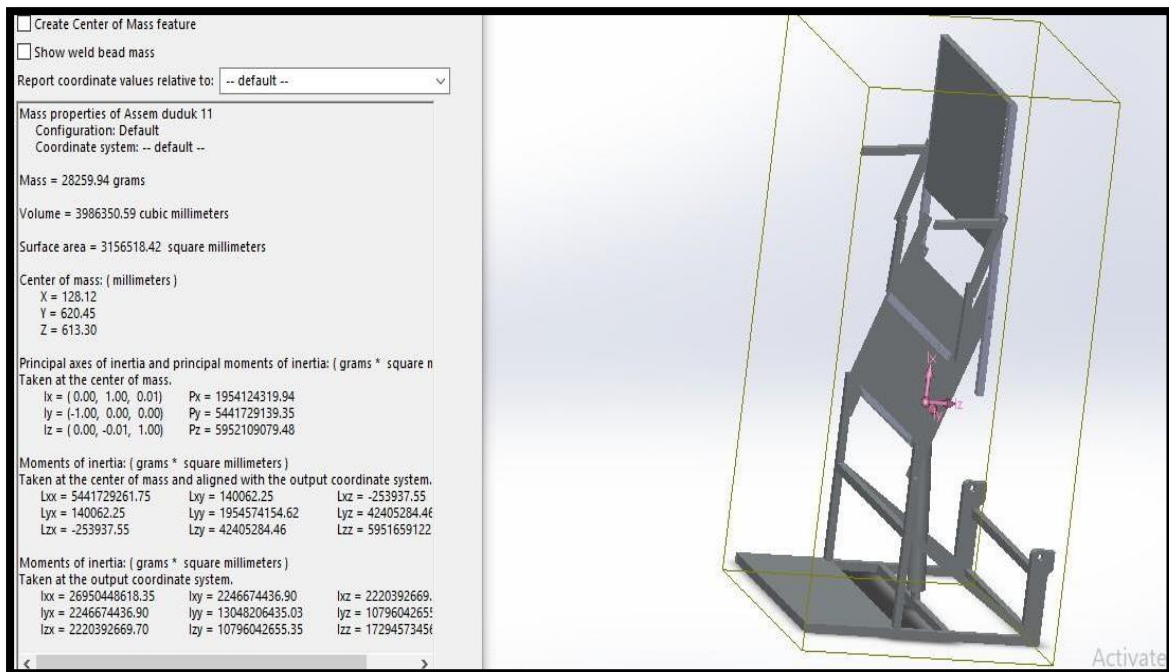
- *Stainless Steel 316L*

Berdasarkan analisa perhitungan berat rangka dengan material *Stainless steel* tipe 316L menggunakan fitur *mass properties* dalam *software Solidworks* sebesar 28259,94 gram atau 28,25994 kg. Maka gaya pada rangka tersebut adalah berat massa rangka dikalikan dengan gravitasi yaitu:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 28,25994 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 277,2300 \text{ N}$$



Gambar 4. 12 Mass properties rangka *Stainless steel 316L*

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Tabel 4.2 Berat Komponen Kursi Roda

Komponen Kursi Roda	Berat	Jumlah	Berat Total
Backrest	2200 g	1	2,2 kg
Armrest	520 g	2	0,52 kg
Seat	2500 g	1	2,5 kg
Rear Wheels	1000 g	2	1 kg
Hydraulic	15000 g	1	15 kg
Handrim	800 g	2	0,8 kg
Footrest	2000 g	1	2 kg
Caster Wheels	900 g	2	0,9 kg
Total	28,140 g	12	28,14 kg

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

4.2.3 Perhitungan Beban Rangka

Setelah melakukan perhitungan pembebanan, langkah berikutnya adalah menggabungkan beban dari berat pengendara dengan beban dari komponen yang ditopang oleh rangka kursi roda sesuai dengan letak titik pembebanan yang telah ditetapkan. Dengan menggabungkan beban berat pengendara dan beban komponen sepeda maka diperoleh nilai titik pembebanan pada rangka kursi roda untuk dasar perhitungan dan analisa yang akan dilakukan.

➤ **Kursi Roda Posisi Duduk**

Titik 1, Titik 2, Titik 3 berat pengendara ditambah dengan berat komponen (*Armrest, Seat, Footrest*)

$$FA = 517,451 + 5,020 \text{ g}$$

$$FA = 522,471$$

➤ **Kursi Roda Posisi 45°**

Titik 1, Titik 2, Titik 3 berat pengendara ditambah dengan berat komponen (*Armrest, Seat, Footrest, Hydraulic*)

$$FA = 517,451 + 20,020 \text{ g}$$

$$FA = 537,471$$

➤ **Kursi Roda Posisi Berdiri**

Titik 1, Titik 2, Titik 3 berat pengendara ditambah dengan berat komponen (*Armrest, Seat, Footrest, Hydraulic*)

$$FA = 644,859 + 20,020 \text{ g}$$

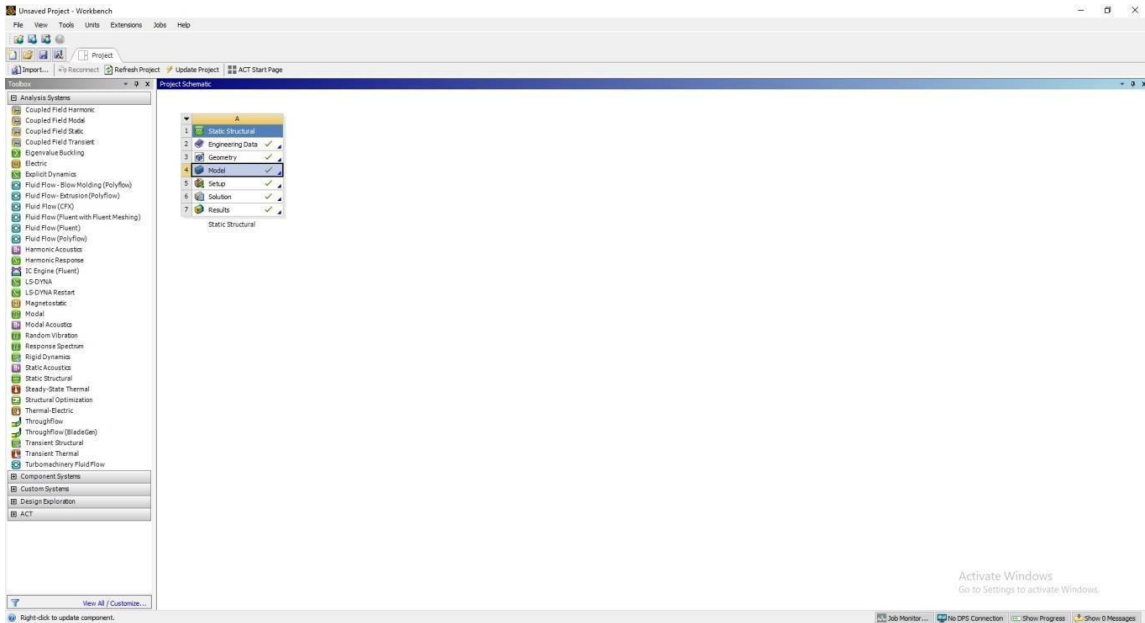
$$FA = 664,879$$

4.3 Simulasi Metode Elemen Hingga

Simulasi perhitungan FEM atau metode elemen hingga pada penelitian ini dilakukan menggunakan *software ANSYS static structural*, untuk melihat fenomena perubahan struktur yang terjadi akibat adanya deformasi pada desain rangka yang telah ditentukan. Adapun simulasi yang dilakukan sebanyak 3 kali dengan desain yang berbeda-beda yaitu desain rangka kursi roda posisi duduk, desain rangka kursi roda posisi 45° derajat, dan desain rangka kursi roda posisi berdiri

4.3.1 Proses pemrograman simulasi

Setelah didapatkan rancangan desain untuk model rangkanya, tahap selanjutnya yaitu melakukan proses simulasi pada software *ANSYS workbench*. Tahapan awal yang dilakukan pada software *ANSYS Workbench* yaitu mengatur engineering data, kemudian memasukkan geometri gambar yang sudah dibuat, berikutnya melakukan proses meshing dan memasukkan variabel-variabel yang dibutuhkan untuk dilakukannya simulasi.



Gambar 4. 13 Tampilan awal program *ANSYS Workbench*

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Pada simulasi *Ansys Workbench* kali ini menggunakan fitur analysis system static structural yang dimana akan digunakan dalam perhitungan analisa kekuatan statis dari desain rangka.

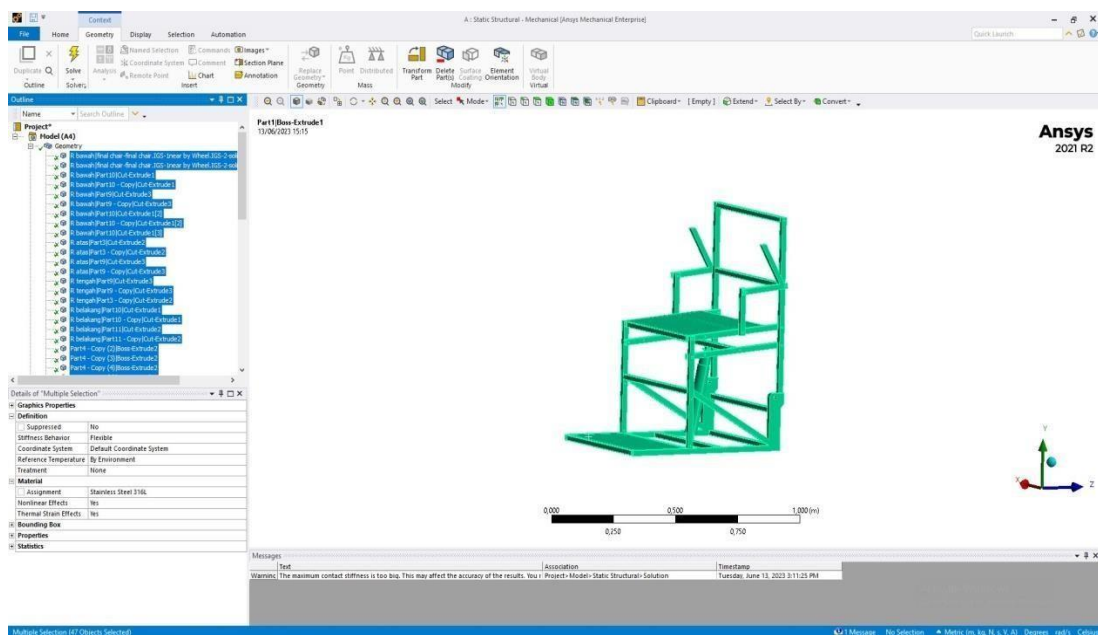
Tahapan dalam proses pemrograman statik struktural:

1. Engineering data

Pada tahap ini dilakukan pemilihan jenis material pada geometri kursi roda yang akan disimulasikan. Material yang digunakan adalah material *Stainless steel 316L* dengan nilai yield strength dan ultimate tensile strength sesuai dengan rata-rata hasil pengujian tarik yang telah didapat dimana yield strength sebesar 205 Mpa dan ultimate tensile strength sebesar 515 Mpa. Hal ini bertujuan agar nilai yield dan ultimate tensilenya sesuai dengan keadaan asli material yang digunakan pada prototype kursi roda yang dibuat.

2. Geometry

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

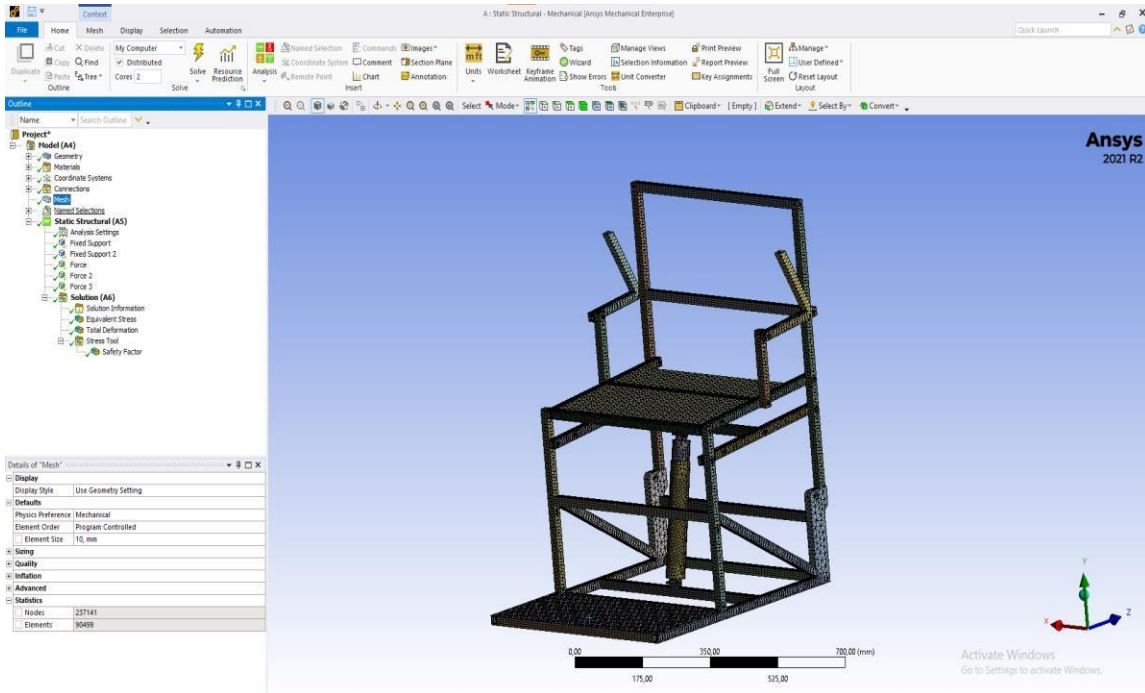


Gambar 4. 14 Tampilan Geometry menggunakan Design Modeler

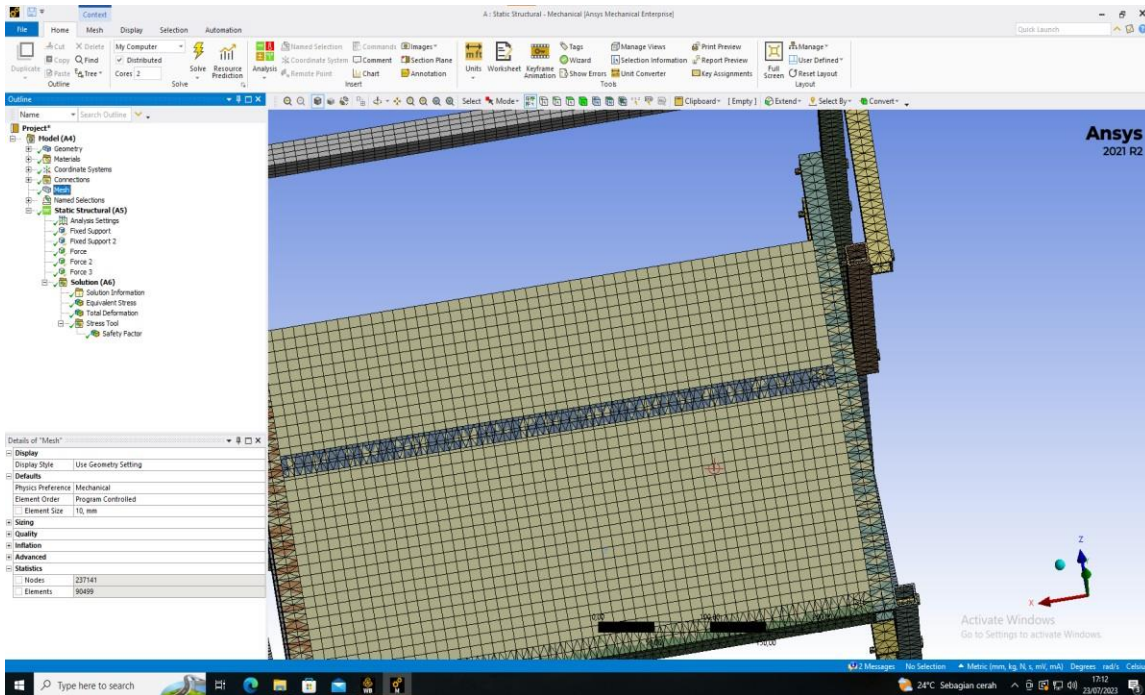
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

3. Meshing

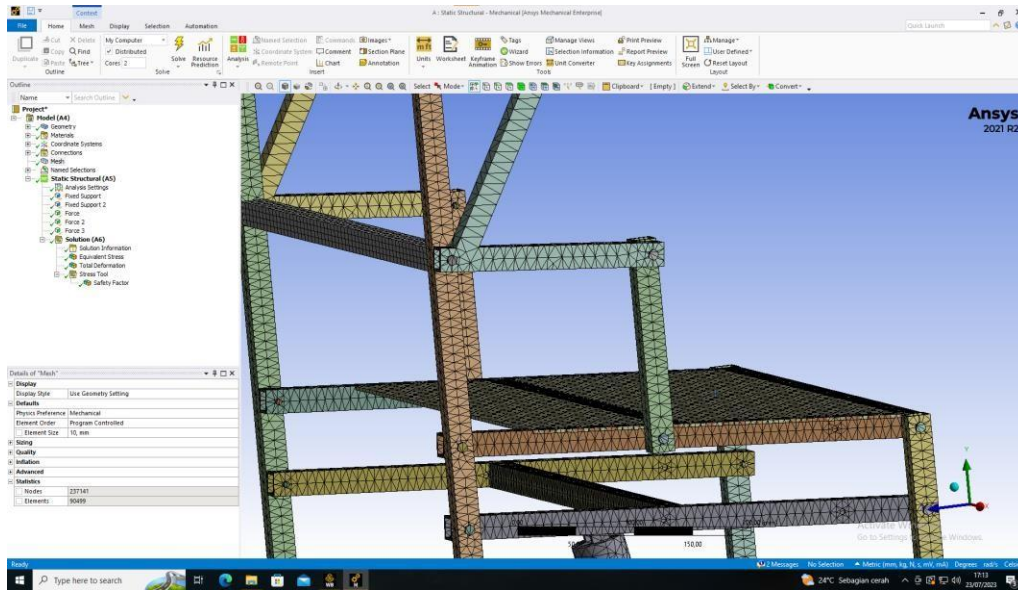
Proses meshing geometri rancangan dilakukan agar proses simulasi numerik dapat dijalankan pada geometri desain rangka. Pada simulasi kali ini didapatkan proses meshing dengan ukuran mesh sebesar 10 mm dengan nodes sebanyak 237,141 dan elements sebanyak 90,499 dan bentuk mesh yang dihasilkan berupa tetrahedon dan hexahedon.



Gambar 4. 15 Tampilan meshing pada rangka
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)



Gambar 4. 16 Tampilan mesh secara zoom in
(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)



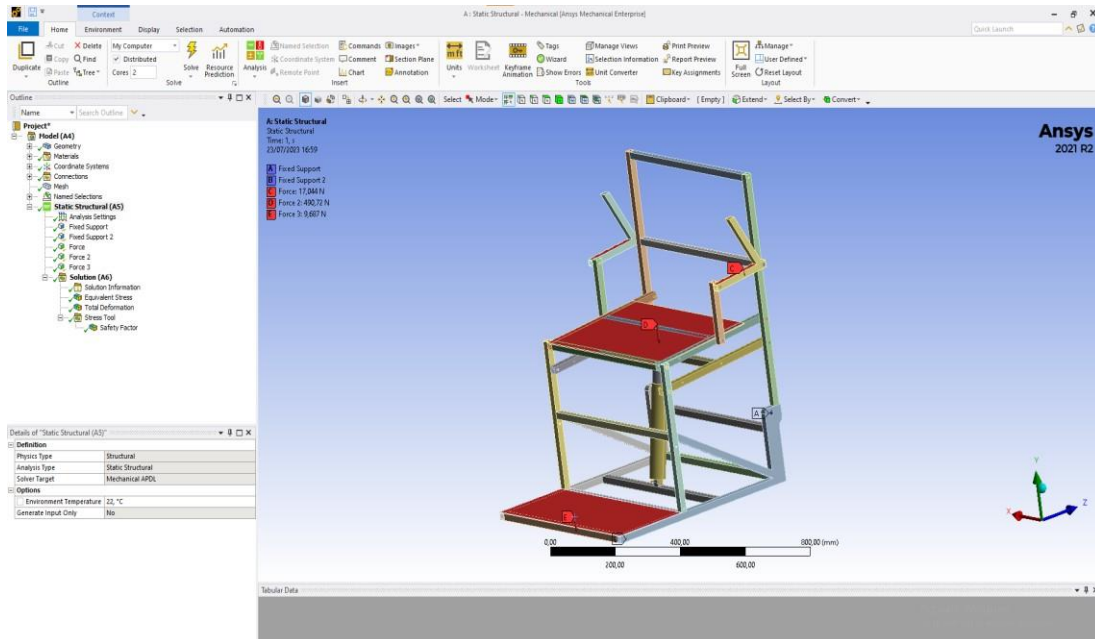
Gambar 4. 17 Tampilan mesh zoom in tampak samping

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

4. Fixed support dan Force (pembebanan)

Tahap selanjutnya yaitu menentukan bagian mana saja yang akan menjadi tumpuan dan bagian yang diberi pembebanan. Tumpuan pada rancangan rangka ini terdapat pada gambar dibawah ini.

❖ Kursi roda posisi duduk



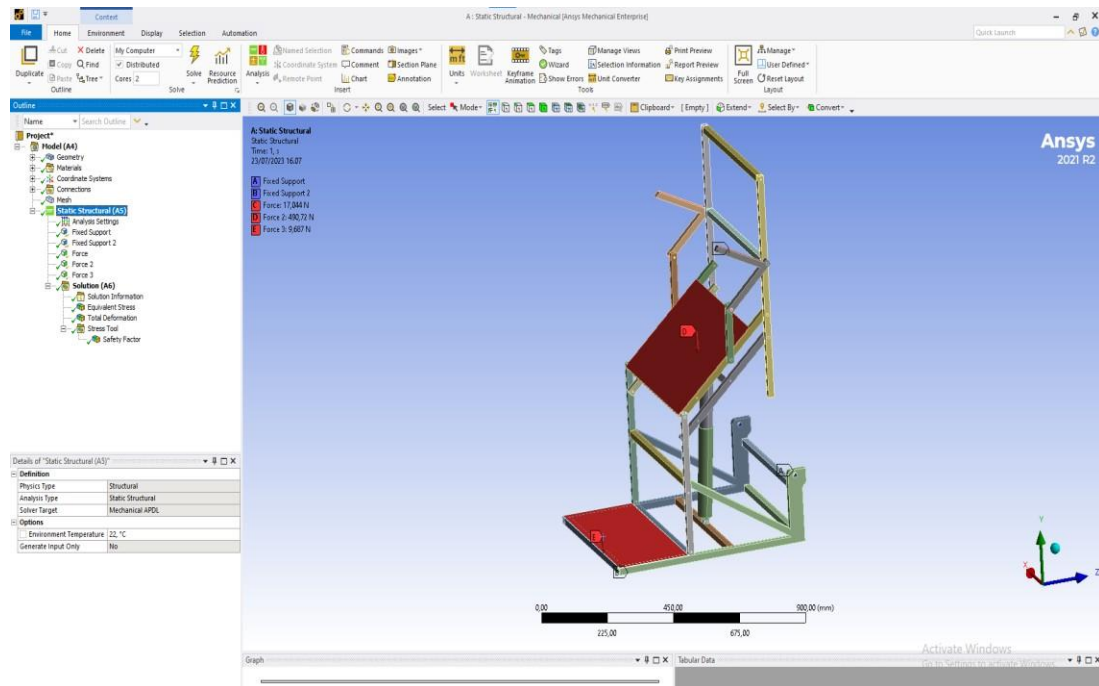
Gambar 4. 18 Letak pembebanan pada kursi roda duduk

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Tabel 4. 3 Nilai titik pembebanan kursi roda posisi duduk

	Titik pembebanan	Asal pembebanan	Nilai pembebanan
1	Titik C	Forearm and hand	17,044 N
2	Titik D	Head,neck,torso + thigh	490,720 N
3	Titik E	Foot	9,687 N

❖ Kursi roda posisi 45°



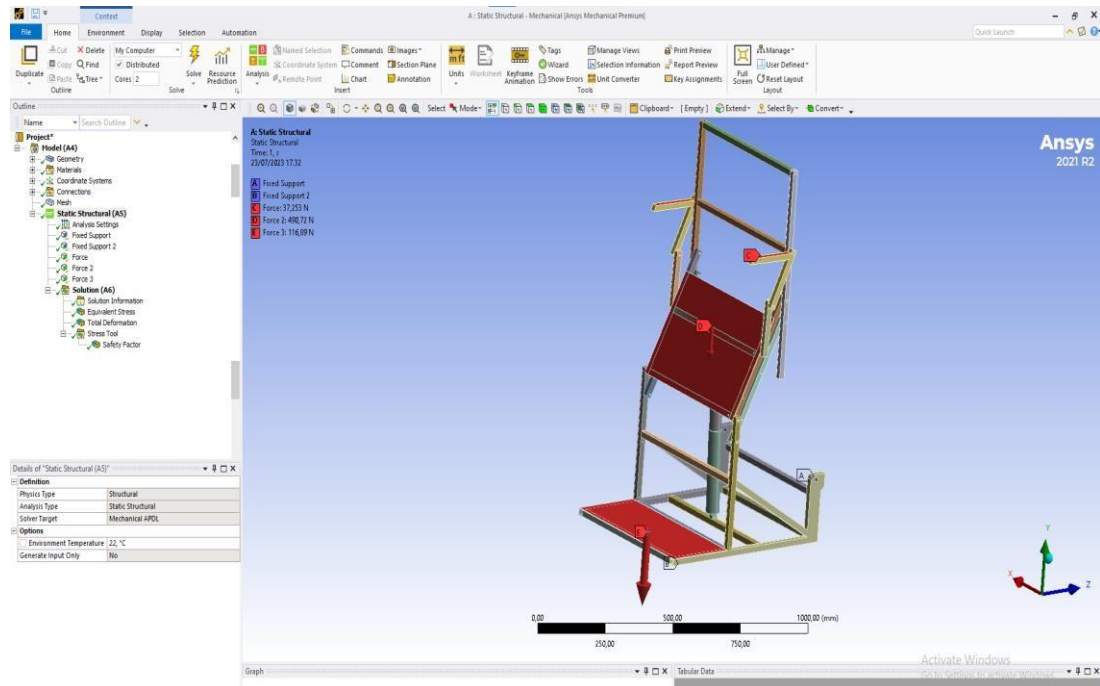
Gambar 4. 19 Letak pembebanan pada kursi roda posisi 45°

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Tabel 4. 4 Nilai titik pembebanan kursi roda posisi 45°

	Titik pembebanan	Asal pembebanan	Nilai pembebanan
1	Titik C	Forearm and hand	17,044 N
2	Titik D	Head,neck,torso + thigh	490,720 N
3	Titik E	Foot	9,687 N

❖ Kursi roda berdiri



Gambar 4. 20 Letak pembebanan pada kursi roda berdiri

(Sumber : Rizqi Fathur.,2023)

Tabel 4. 5 Nilai titik pembebanan kursi roda posisi berdiri

	Titik pembebanan	Asal pembebanan	Nilai pembebanan
1	Titik C	Total arm	37.253 N
2	Titik D	Head,neck,torso + thigh	75,267 N
3	Titik E	Total leg	116,886 N

5. Solution

Tahapan berikutnya yaitu memasukkan parameter solusi dimana bentuk hasil dari perhitungan yang diinginkan untuk diproses pada simulasi ini. Parameter yang ditetapkan antara lain: total deformation yang akan digunakan sebagai nilai total deformasi, equivalent stress(von-mises) sebagai nilai distribusi tegangan, dan safety faktor sebagai nilai faktor keamanan. Selanjutnya yaitu proses perhitungan numerik simulasi static structural dijalankan.

6. Result

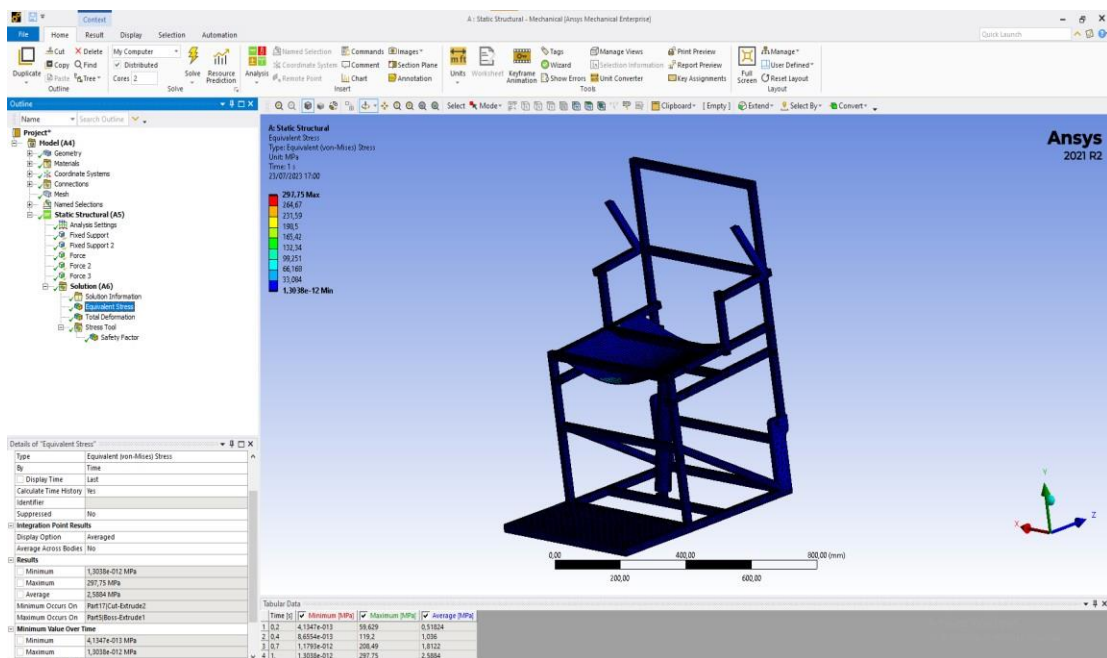
Pada tahap ini menampilkan data hasil perhitungan sesuai dengan yang telah diprogram dalam solution. Data hasil berupa geometry dan report preview yang dapat diambil sebagai hasil perhitungan simulasi pada rancangan rangka.

4.4 Parameter yang dihasilkan

Data yang dihasilkan dari simulasi berupa gambaran fenomena statika struktur pada rancangan rangka yang dibagi menjadi distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan. Berikut ini data yang didapatkan dari simulasi setiap rancangan rangka dengan model kursi roda yang berbeda:

4.4.1 Simulasi kursi roda posisi duduk

1) Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)

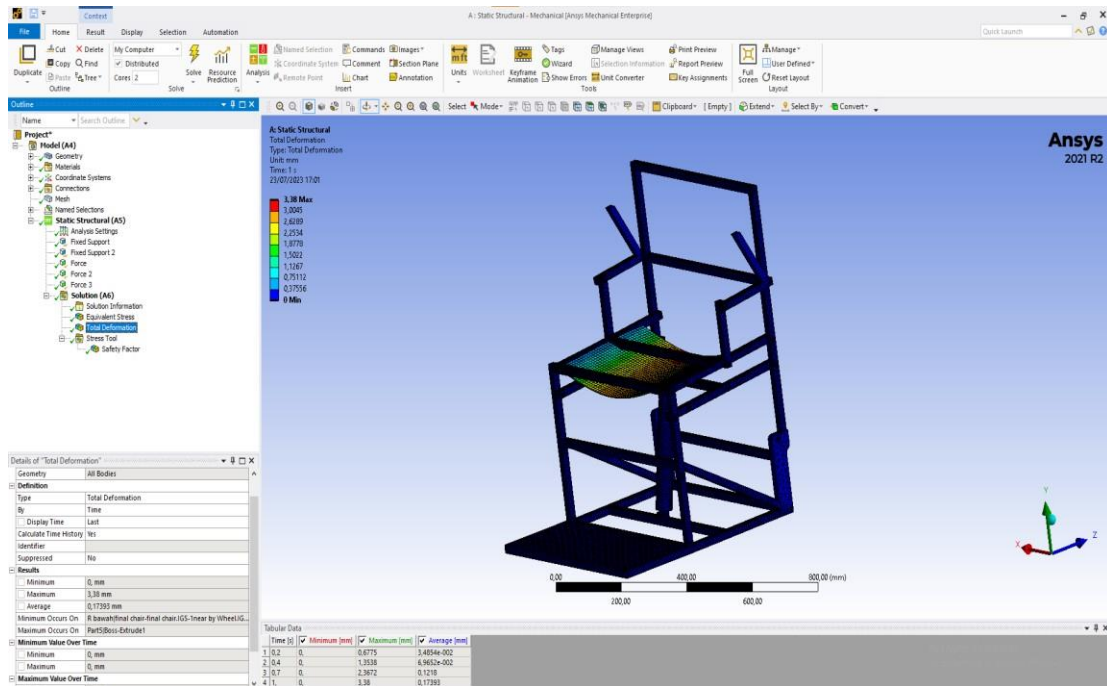


Gambar 4. 21 Data nilai distribusi tegangan rangka kursi roda duduk

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.21 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel 316L* mengalami tegangan dengan nilai equivalen stress maksimal sebesar 297,75 MPa, nilai equivalen stress minimal 1,3038e-012 MPa dan nilai equivalen stress rata-rata sebesar 2,5884 MPa

2) Deformasi (Total Deformation)

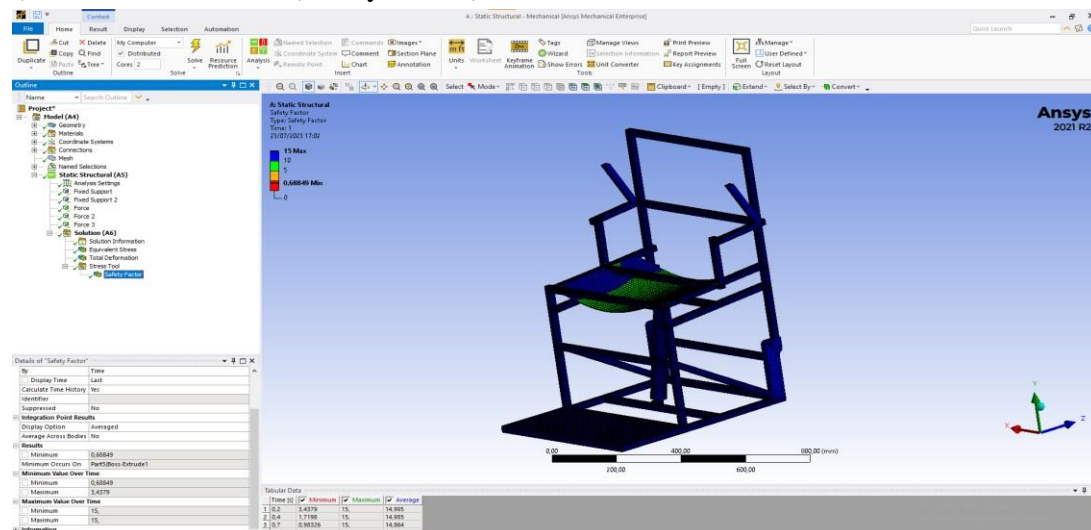


Gambar 4. 22 Data nilai total deformasi rangka kursi roda duduk

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.22 data menunjukkan dengan material *Stainless Steel 316L* mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai total deformasi maksimal sebesar 3,38 mm, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm, dan nilai total deformation rata-rata sebesar 0,17393 mm.

3) Faktor Keamanan (Safety Factor)



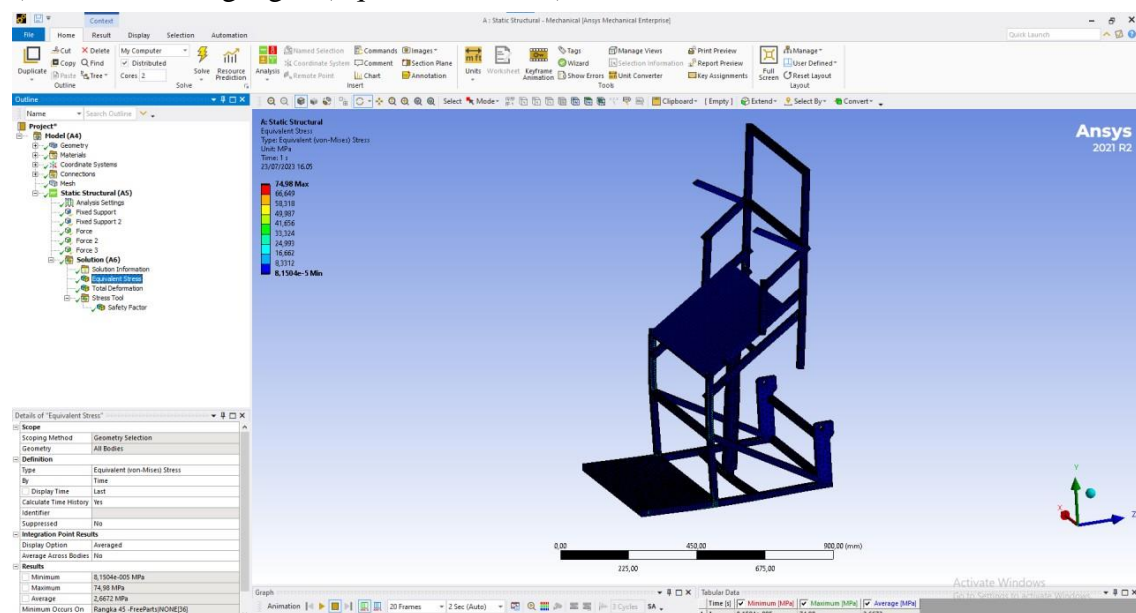
Gambar 4. 23 Data nilai faktor keamanan rangka kursi roda duduk

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.23 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel 316L* mendapatkan nilai faktor keamanan dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15, nilai safety factor minimal sebesar 0,68849 dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,749 . Nilai ini menunjukkan bahwa desain rangka tidak mampu menahan gaya yang ditopang maksimal 0,68849 kali dari gaya semula.

4.4.2 Simulasi kursi roda posisi 45°

1) Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)

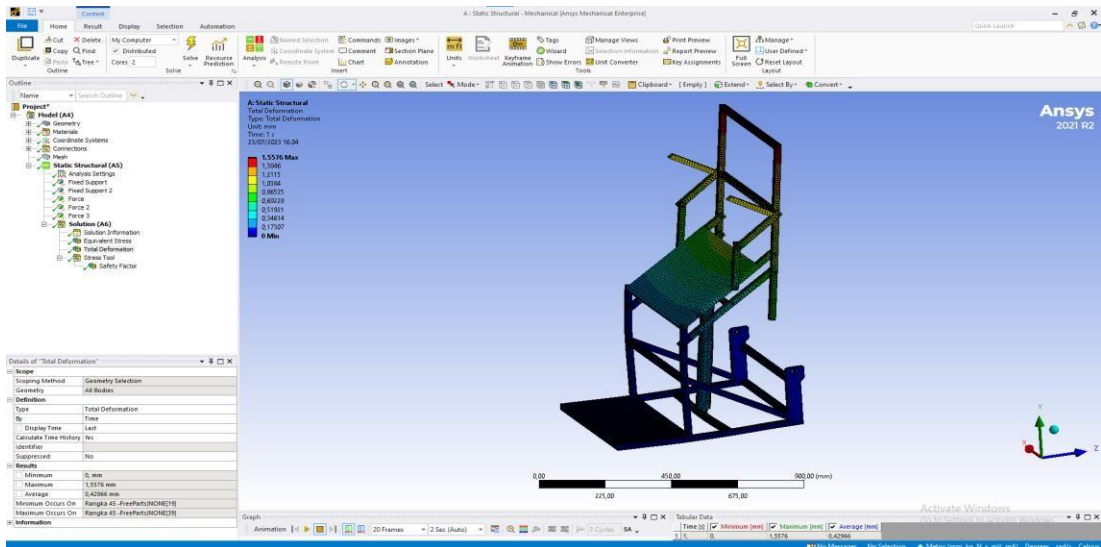


Gambar 4. 24 Data nilai distribusi tegangan rangka kursi roda berdiri 45° derajat

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.24 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel 316L* pada kursi roda berdiri 45° derajat mengalami tegangan dengan nilai equivalent stress maksimal sebesar 74,98 Mpa, nilai equivalent stress minimal 8,1504e-005 Mpa dan nilai equivalent stress rata-rata sebesar 2,6672 MPa

2) Deformasi (Total Deformation)

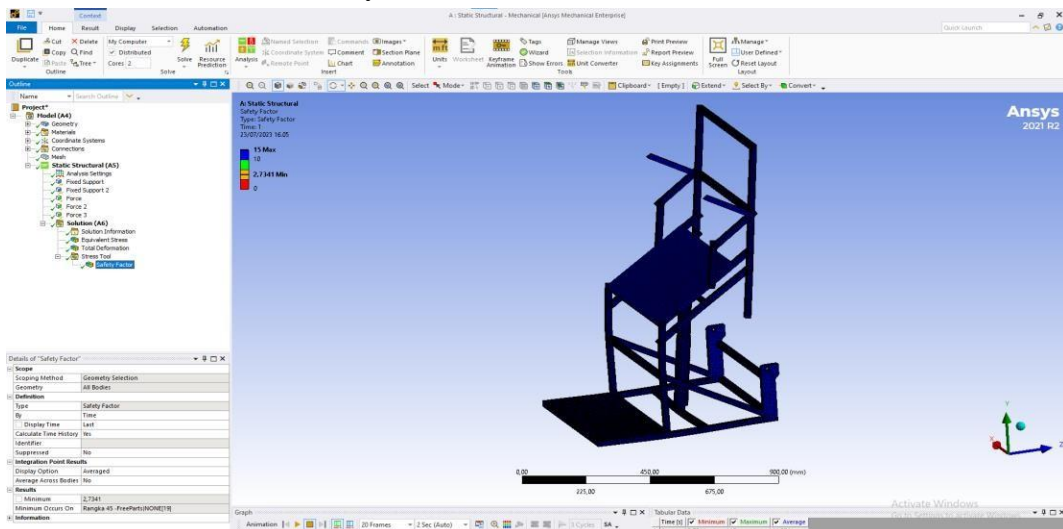


Gambar 4. 25 Data nilai total deformasi rangka kursi roda berdiri 45° derajat

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.25 data menunjukkan dengan material *Stainless steel 316L* mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai total deformation maksimal sebesar 1,5576 mm, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm, dan nilai total deformation rata-rata sebesar 0,42966 mm

3) Faktor Keamanan (Safety Factor)



Gambar 4. 26 Data nilai faktor keamanan rangka kursi roda posisi 45°

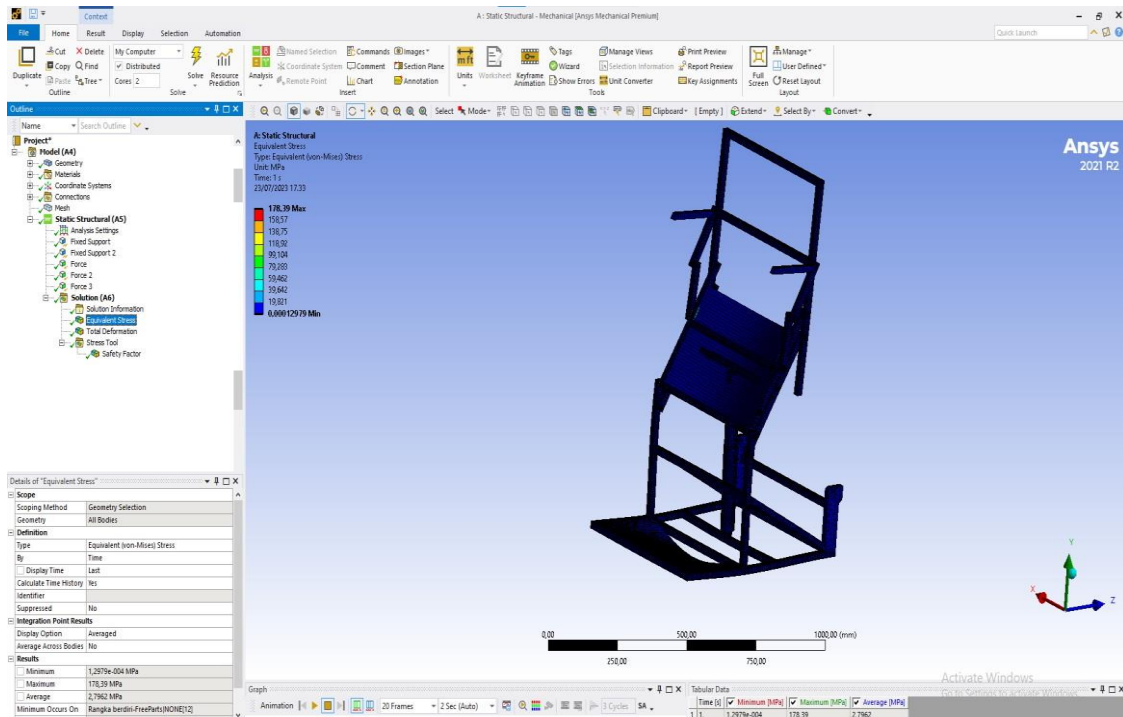
(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.26 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel 316L* mendapatkan nilai faktor keamanan dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15, nilai safety factor minimal sebesar 2,7341 dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,934. Nilai ini

menunjukkan bahwa desain rangka tidak mampu menahan gaya yang ditopang maksimal 2,7341 kali dari gaya semula.

4.4.3 Simulasi kursi roda posisi berdiri

1) Distribusi Tegangan (*Equivalent Stress*)

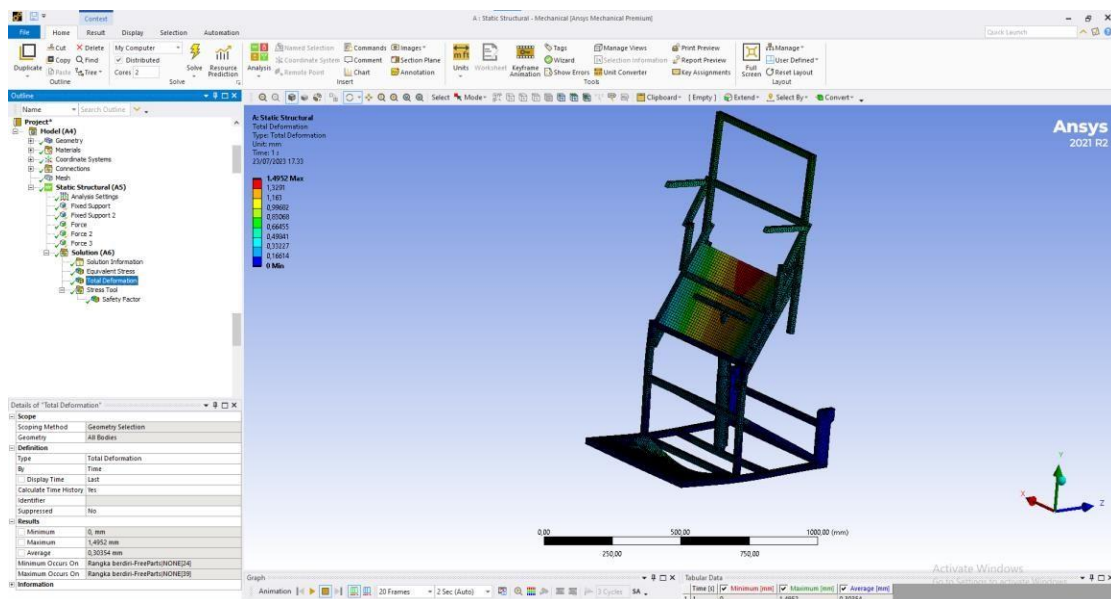


Gambar 4. 27 Data nilai distribusi tegangan rangka kursi roda posisi berdiri

(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.27 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel 316L* pada kursi roda berdiri mengalami tegangan dengan nilai equivalent stress maksimal sebesar 178,39 MPa, nilai equivalent stress minimal 1,2979e-004 MPa dan nilai equivalent stress rata-rata sebesar 2,7962 MPa.

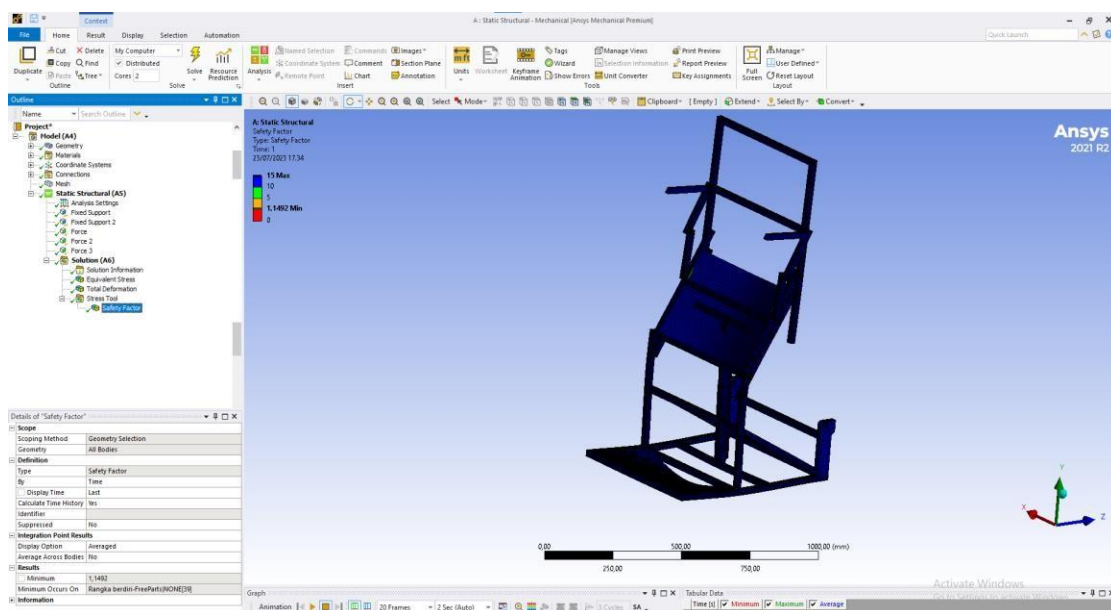
2) Deformasi (Total Deformation)



Gambar 4. 28 Data nilai total deformasi rangka kursi roda berdiri
(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.28 data menunjukkan dengan material *Stainless Steel 316L* mengalami pergeseran struktur rangka dengan nilai total deformation maksimal sebesar 1,4952 mm, nilai total deformation minimal sebesar 0 mm, dan nilai total deformation rata-rata sebesar 0,30354 mm

3) Faktor Keamanan (Safety Factor)



Gambar 4. 29 Data nilai faktor keamanan rangka kursi roda posisi berdiri
(Sumber : Laboratorium Komputer ITN Malang)

Pada gambar 4.29 data menunjukkan rangka dengan material *Stainless Steel* 316L mendapatkan nilai faktor keamanan dengan nilai safety factor maksimal sebesar 15, nilai safety factor minimal sebesar 1,1492 dan nilai safety factor rata-rata sebesar 14,946. Nilai ini menunjukkan bahwa desain rangka tidak mampu menahan gaya yang ditopang maksimal 1,1492 kali dari gaya semula.

4.5 Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi FEM yang dilakukan pada rancangan kursi roda terhadap variasi fitur berdiri dengan menggunakan material *Stainless steel*, telah didapat data sebagaimana pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Data hasil simulasi ke-1

	Kursi roda posisi duduk		
	Distribusi Tegangan (MPa)	Total Deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	297,75	3,38	15
Min	1,3038e-012	0	0,68849
Rata-rata	2,5884	0,17393	14,749

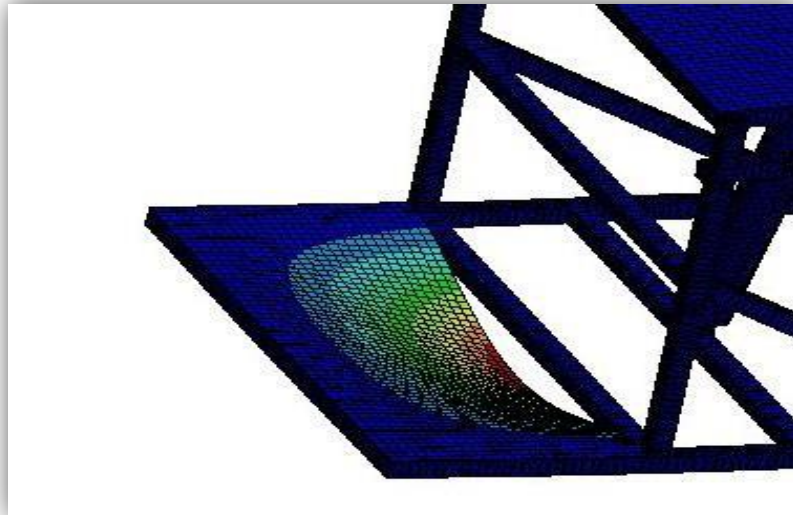
Tabel 4. 7 Data hasil simulasi ke-2

	Kursi roda posisi 45° derajat		
	Distribusi Tegangan(MPa)	Total deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	74,98	1,5576	15
Min	8,1504e-005	0	2,7341
Rata-rata	2,6672	0,42966	14,934

Tabel 4. 8 Data hasil simulasi ke-3

	Kursi roda posisi berdiri		
	Distribusi tegangan (MPa)	Total deformasi (mm)	Faktor Keamanan
Maks	178,39	1,4952	15
Min	1,2979e-004	0	1,1492
Rata-rata	2,7962	0,30354	14,946

Rancangan rangka kursi roda dengan menggunakan material *Stainless steel 316L* memiliki massa sebesar 28.25994 kg. Berdasarkan tabel 4.6 sampai tabel 4.8 telah didapatkan nilai *equivalent stress*, *total deformation*, dan *safety factor*.



Gambar 4. 30 Deformasi maksimum

(Sumber: Rizqi Fathur.,2023)

Seperti pada gambar 4.30 defleksi yang terjadi dibagian footrest (pijakan kaki) dikarenakan karena sambungan material *Stainless steel* yang kurang pada bagian tengah footrest. Maka dari itu solusi yang tepat untuk mengatasi masalah yang terjadi yaitu harus menambah material *Stainless steel* pada bagian tengah footrest supaya bisa menopang pijakan kaki secara aman.