

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Gaya Tekan Dengan Tekanan Kerja 4 Bar

Rumus gaya tekan pneumatik:

$$F = P \times A$$

Keterangan:

F = Gaya Tekan (N)

P = Tekanan (Pa)

A = Luas penampang silinder (m²)

Diketahui : Diameter silinder (d) = 25 mm = 0,025 m

Tekanan kompresor (P) = 4 bar = 400.000 Pa

Luas penampang silinder :

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,025)^2}{4}$$

$$A = 0,00049 \text{ m}^2$$

Gaya tekan yang dihasilkan silinder :

$$F = P \times A$$

$$F = 400.000 \text{ pa} \times 0,00049 \text{ m}^2$$

$$F = 196 \text{ N}$$

Gaya yang dihasilkan cetakan:

$$F = m \times g$$

$$F = 3 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 29,4 \text{ N}$$

Gaya total :

$$F = F_{\text{silinder}} + F_{\text{cetakan}}$$

$$F = 196 \text{ N} + 29,4 \text{ N}$$

$$F = 225,4 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas mendapatkan hasil dari luas penampang silinder sebesar $0,00049 \text{ m}^2$ sedangkan gaya tekan yang di hasilkan sebesar 196 N dan gaya yang di hasilkan cetakan sebesar $29,4 \text{ N}$ jadi gaya total mendapatkan hasil sebesar sebesar $225,4 \text{ N}$.

4.2 Perhitungan Gaya Tekan Dengan Tekanan Kerja 6 Bar

Rumus gaya tekan pneumatik:

$$F = P \times A$$

Keterangan:

F = Gaya Tekan (N)

P = Tekanan (Pa)

A = Luas penampang silinder (m^2)

Diketahui : Diameter silinder (d) = $25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

Tekanan kompresor (P) = $6 \text{ bar} = 600.000 \text{ Pa}$

Luas penampang silinder :

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,025)^2}{4}$$

$$A = 0,00049 \text{ m}^2$$

Gaya tekan yang dihasilkan silinder :

$$F = P \times A$$

$$F = 600.000 \text{ pa} \times 0,00049 \text{ m}^2$$

$$F = 294 \text{ N}$$

Gaya yang dihasilkan cetakan:

$$F = m \times g$$

$$F = 3 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 29,4 \text{ N}$$

Gaya total :

$$F = F_{\text{silinder}} + F_{\text{cetakan}}$$

$$F = 294 \text{ N} + 29,4 \text{ N}$$

$$F = 323,4 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas mendapatkan hasil dari luas penampang silinder sebesar $0,00049 \text{ m}^2$ sedangkan gaya tekan yang di hasilkan sebesar 294 N dan gaya yang di hasilkan cetakan sebesar $29,4 \text{ N}$ jadi gaya total mendapatkan hasil sebesar $323,4 \text{ N}$.

4.3 Perhitungan Gaya Tekan Dengan Tekanan Kerja 8 Bar

Rumus gaya tekan pneumatik:

$$F = P \times A$$

Keterangan:

F = Gaya Tekan (N)

P = Tekanan (Pa)

A = Luas penampang silinder (m^2)

Diketahui : Diameter silinder (d) = $25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

Tekanan kompresor (P) = $8 \text{ bar} = 800.000 \text{ Pa}$

Luas penampang silinder :

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times (0,025)^2}{4}$$

$$A = 0,00049 \text{ m}^2$$

Gaya tekan yang dihasilkan silinder :

$$F = P \times A$$

$$F = 800.000 \text{ pa} \times 0,00049 \text{ m}^2$$

$$F = 392 \text{ N}$$

Gaya yang dihasilkan cetakan:

$$F = m \times g$$

$$F = 3 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 29,4 \text{ N}$$

Gaya total :

$$F = F \text{ silinder} + F \text{ cetakan}$$

$$F = 392 \text{ N} + 29,4 \text{ N}$$

$$F = 421,4 \text{ N}$$

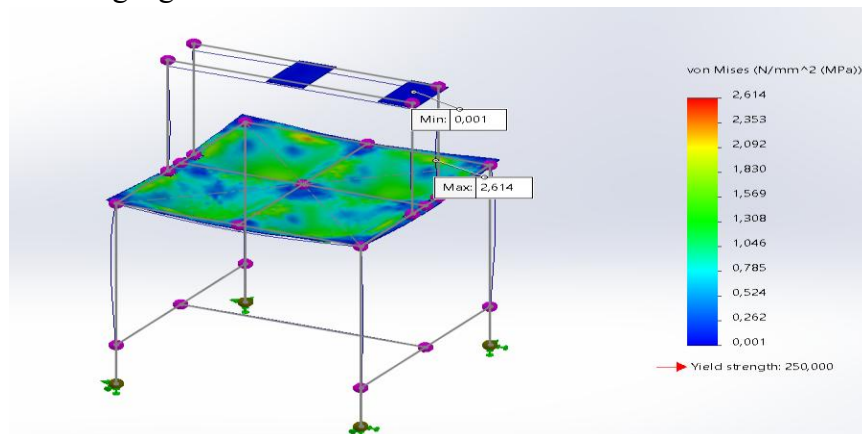
Dari perhitungan di atas mendapatkan hasil dari luas penampang silinder sebesar $0,00049 \text{ m}^2$ sedangkan gaya tekan yang di hasilkan sebesar 392 N dan gaya yang di hasilkan cetakan sebesar 29,4 N jadi gaya total mendapatkan hasil sebesar 421,4 N.

4.4 Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Hollow 35x35x1,8 mm (*Eksisting*)

4.4.1 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 4 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 4 bar terdiri dari :

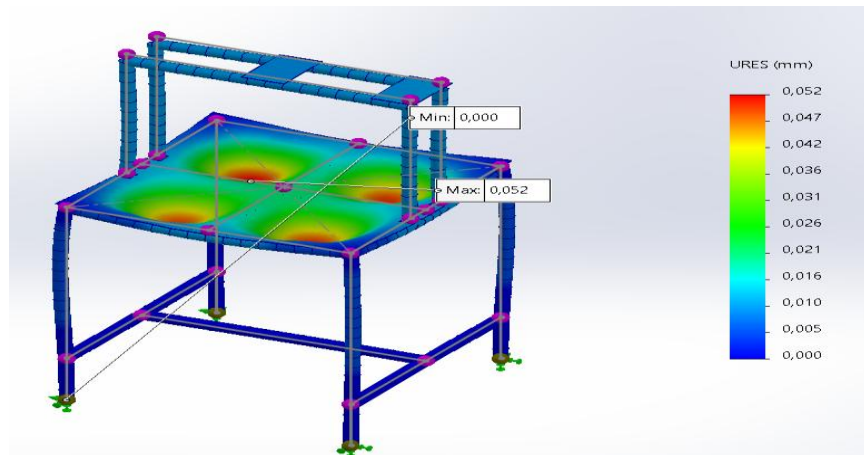
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.1 Hasil tegangan tekanan 4 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 2,614 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,001 N/mm².

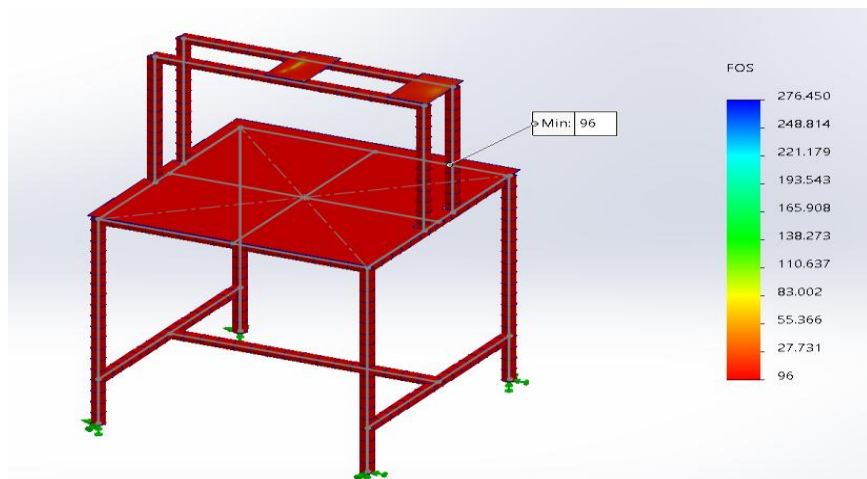
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.2 Hasil *displacement* tekanan 4 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,052 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Factor of safety*



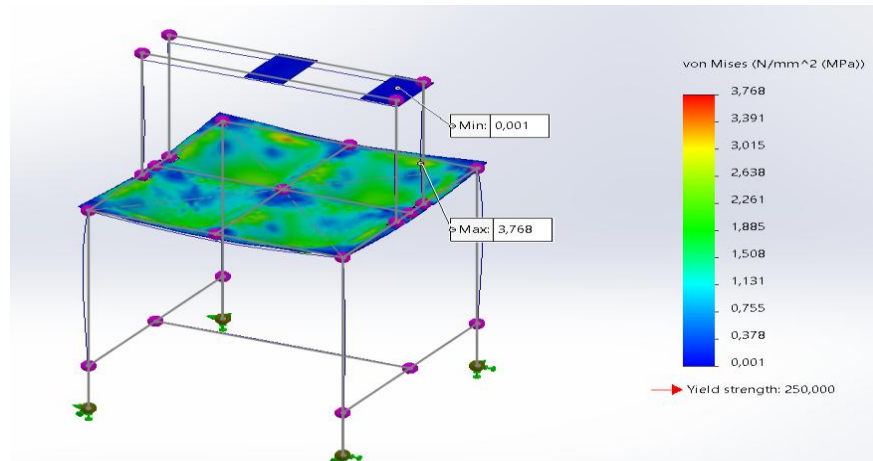
Gambar 4.3 Hasil *safety factor* tekanan 4 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 96.

4.4.2 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 6 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 6 bar terdiri dari :

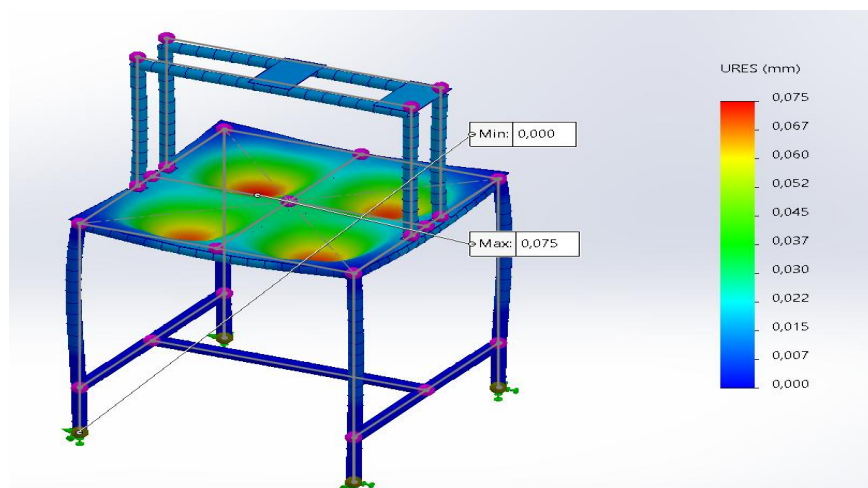
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.4 Hasil tegangan tekanan 6 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 3,768 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,001 N/mm².

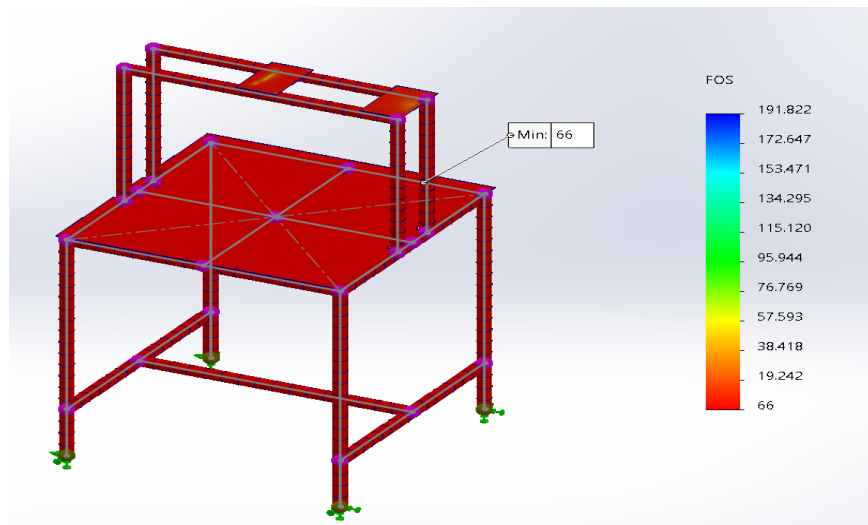
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.5 Hasil *displacement* tekanan 6 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,075 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*



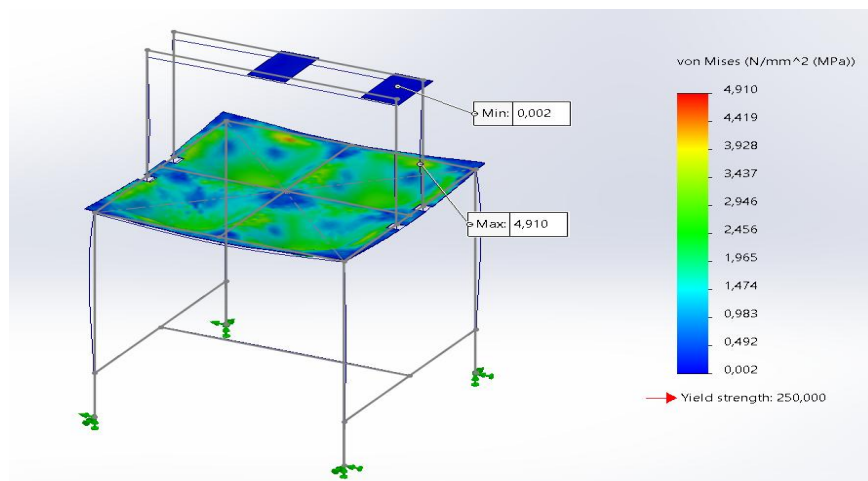
Gambar 4.6 Hasil *safety factor* tekanan 6 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 66.

4.4.3 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 8 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 8 bar terdiri dari :

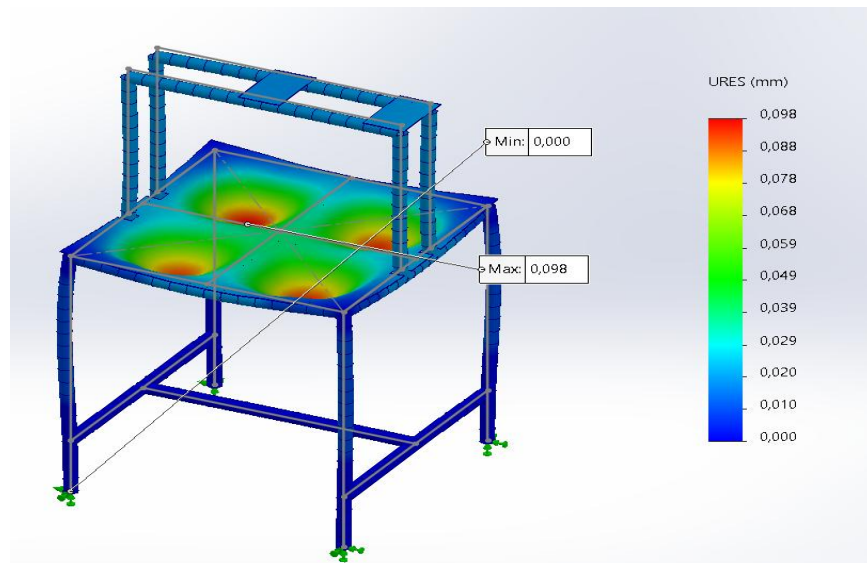
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.7 Hasil tegangan tekanan 8 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 4,910 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,002 N/mm².

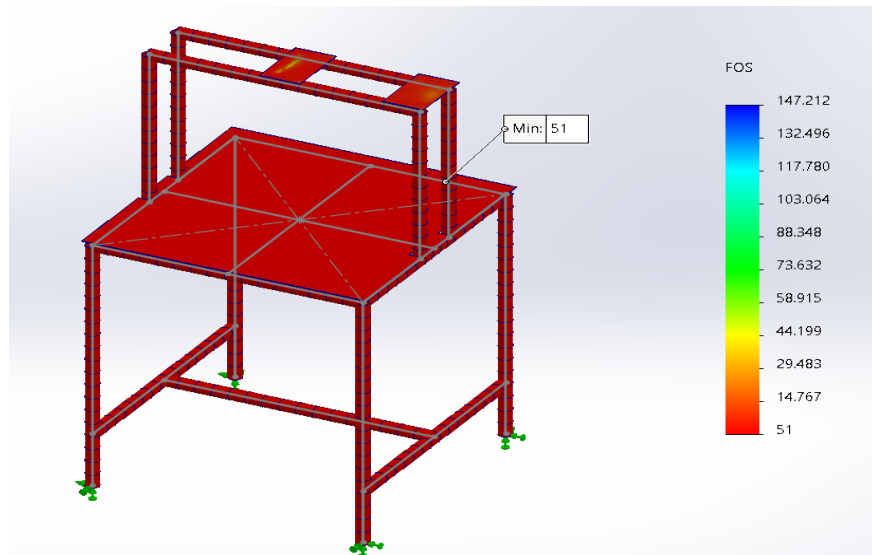
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.8 Hasil *displacement* tekanan 8 bar hollow 35x35x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,098 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm,

3. Hasil *Safety Factor*



Gambar 4.9 Hasil *safety factor* tekanan 8 bar hollow 35x35x1,8 mm

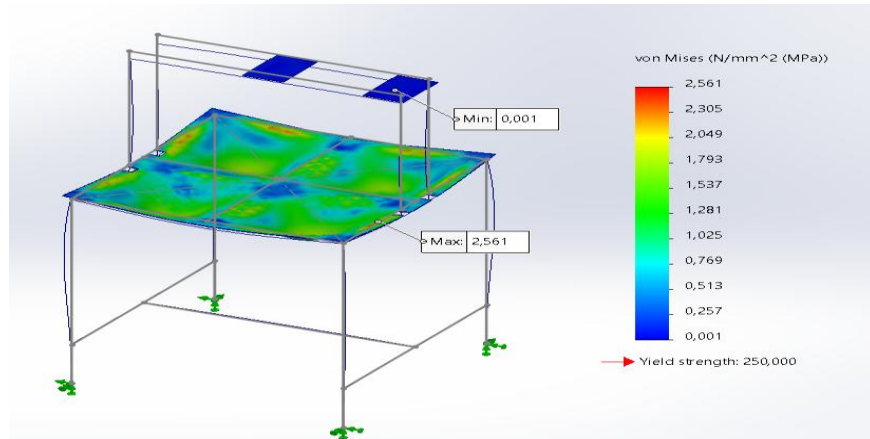
Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 51.

4.5 Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Hollow 30x30x1,8 mm

4.5.1 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 4 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 4 bar terdiri dari :

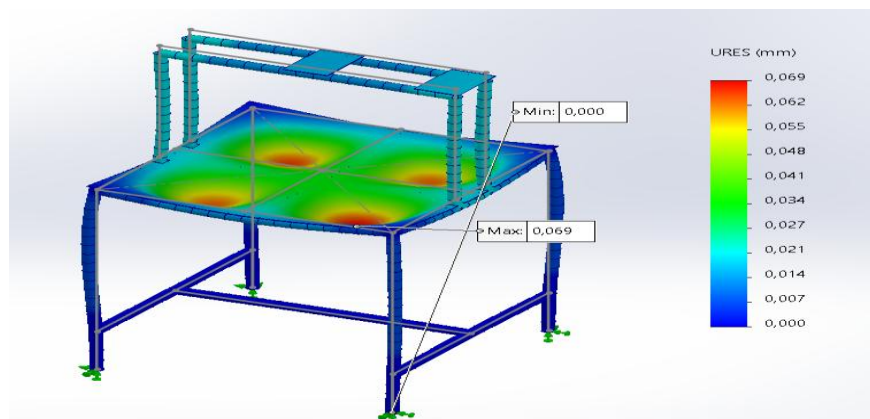
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.10 Hasil tegangan tekanan 4 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 2,561 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,001 N/mm².

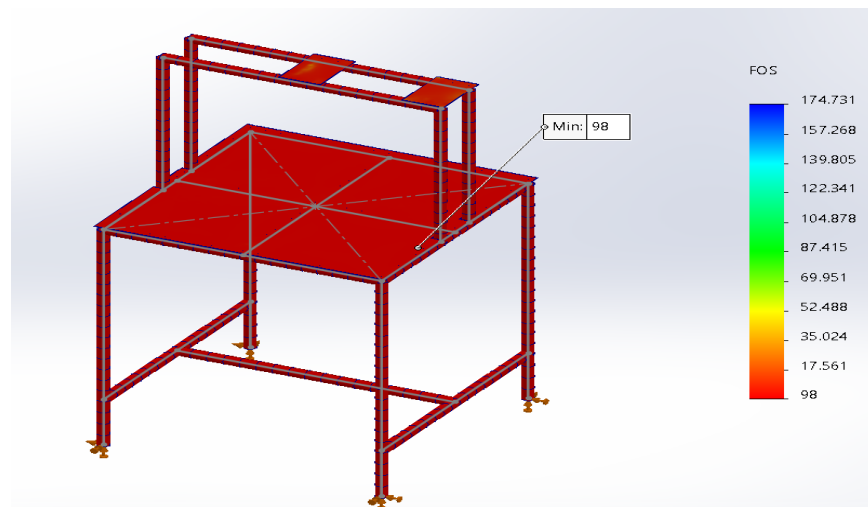
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.11 Hasil *displacement* tekanan 4 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,069 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*



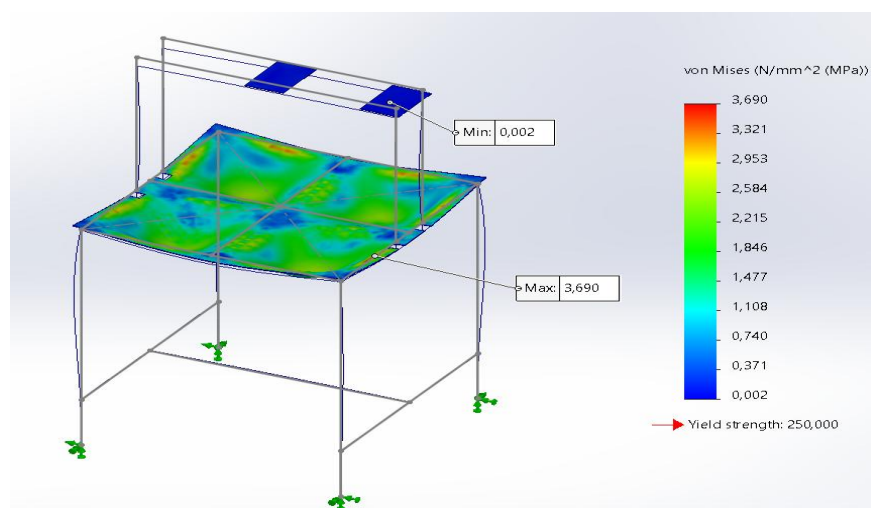
Gambar 4.12 Hasil *safety factor* tekanan 4 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 98.

4.5.2 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 6 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 6 bar terdiri dari :

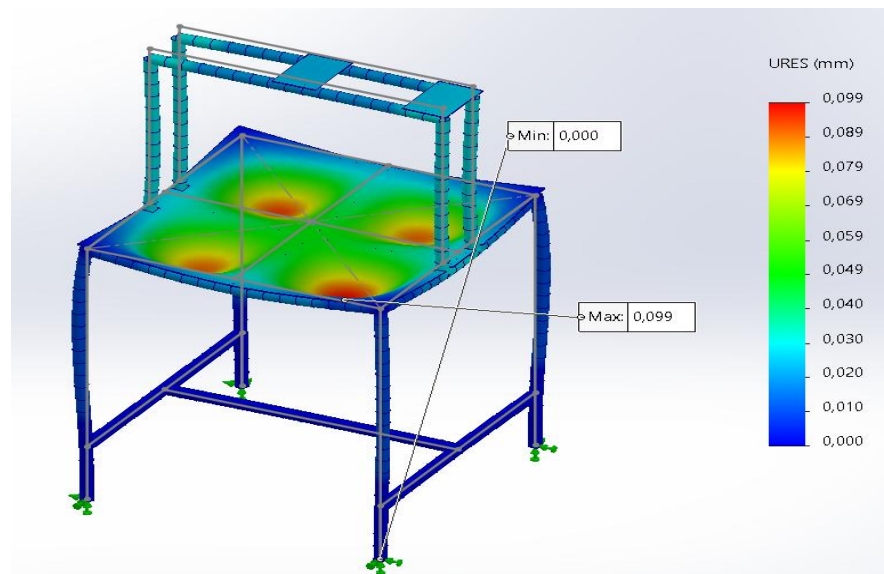
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.13 Hasil tegangan tekanan 6 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 3,690 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,002 N/mm²

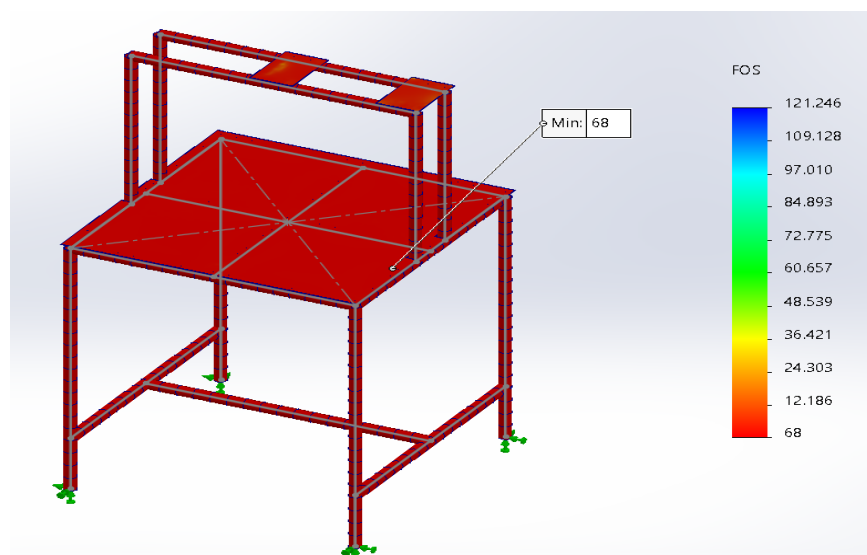
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.14 Hasil *displacement* tekanan 6 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,099 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*



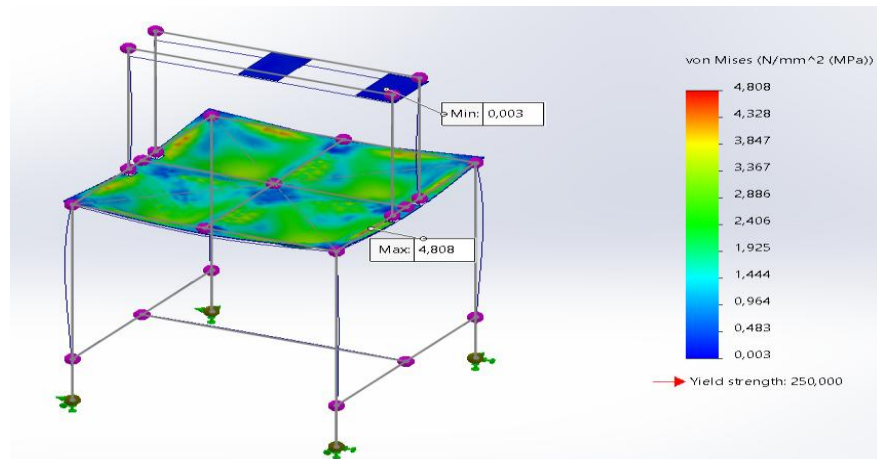
Gambar 4.15 Hasil *safety factor* tekanan 6 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 68.

4.5.3 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 8 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 8 bar terdiri dari :

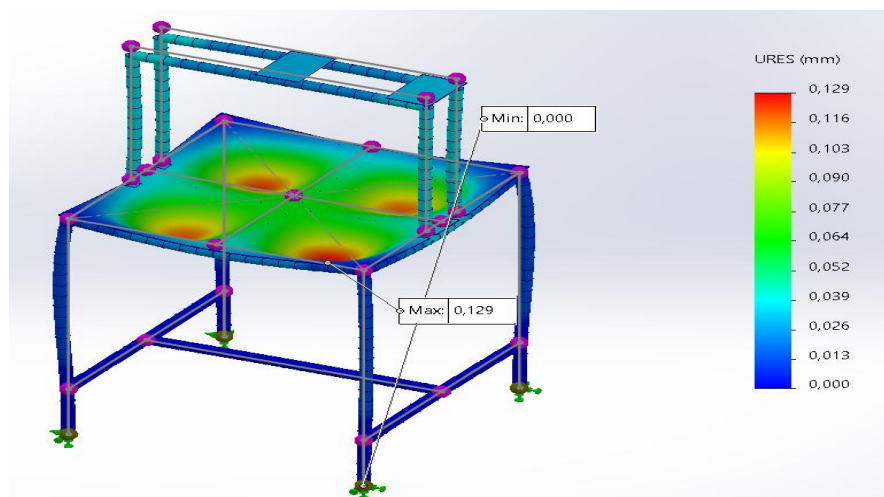
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.16 Hasil tegangan tekanan 8 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 4,808 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,003 N/mm².

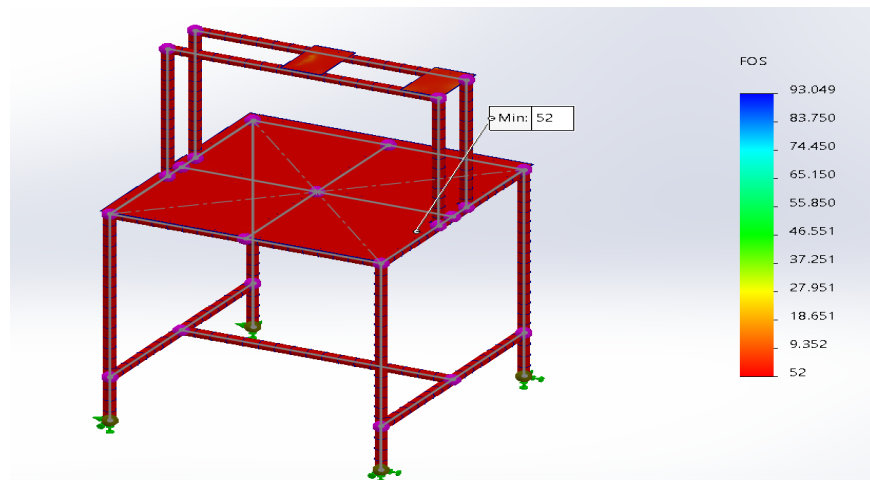
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.17 Hasil *displacement* tekanan 8 bar hollow 30x30x1,8 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,129 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*



Gambar 4.18 Hasil *safety factor* tekanan 8 bar hollow 30x30x1,8 mm

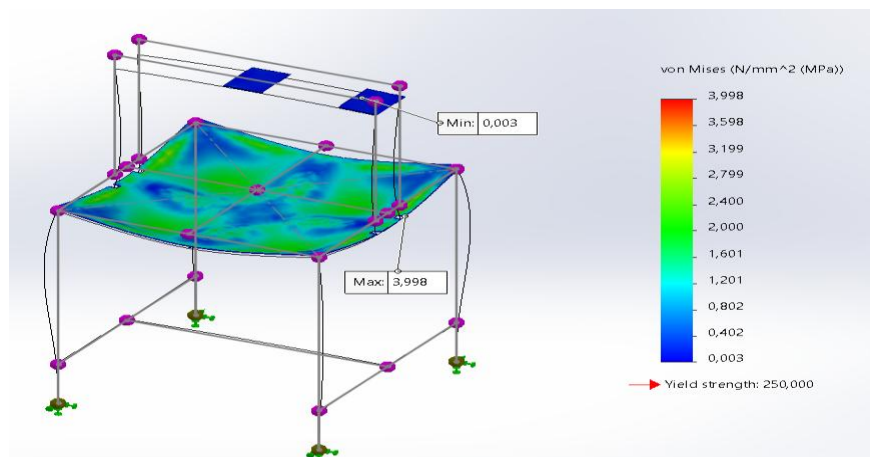
Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 52.

4.6 Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Hollow 20x20x2 mm

4.6.1 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 4 Bar

Hasil simulasi meja kerja dengan tekanan kerja 4 bar terdiri dari :

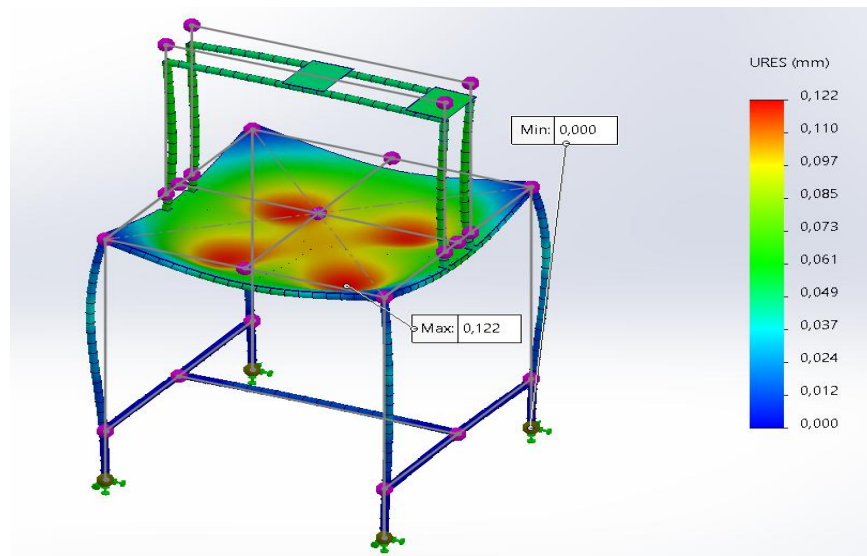
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.19 Hasil tegangan tekanan 4 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 3,998 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,003 N/mm².

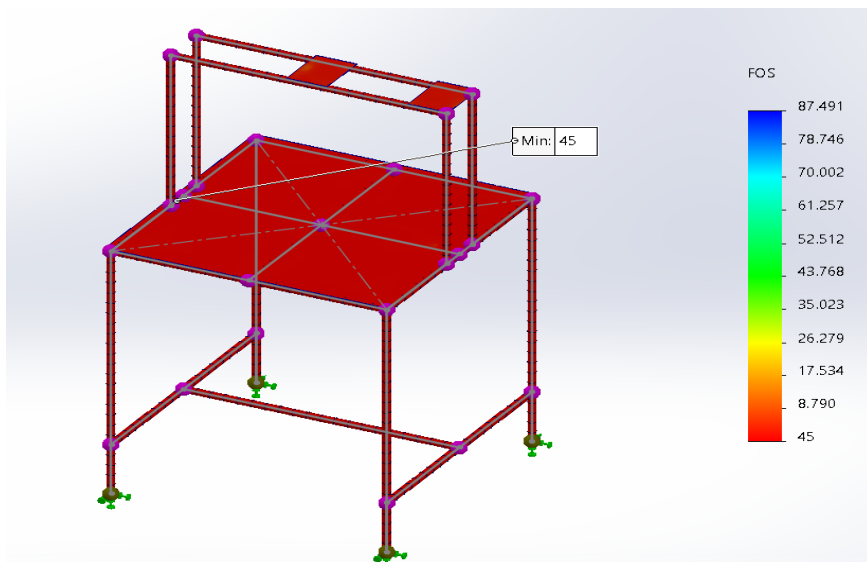
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.20 Hasil *displacement* tekanan 4 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,122 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*

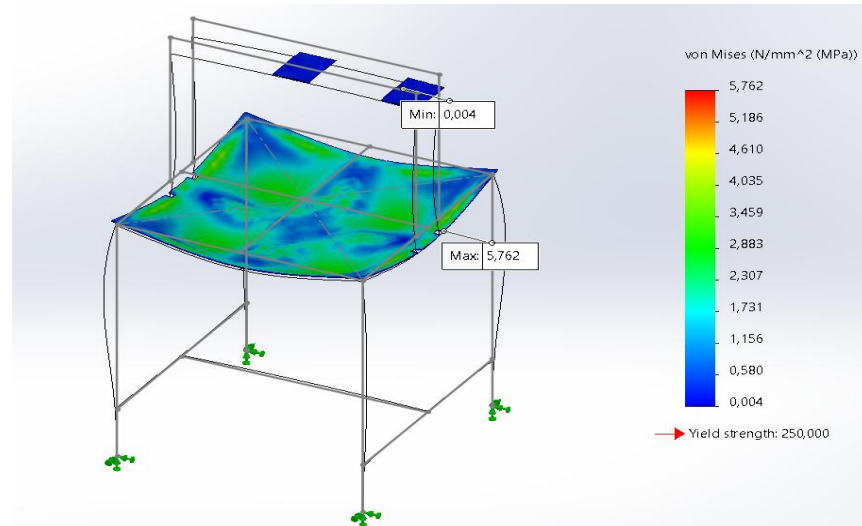


Gambar 4.21 Hasil *safety factor* tekanan 4 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 225,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 45.

4.6.2 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 6 Bar

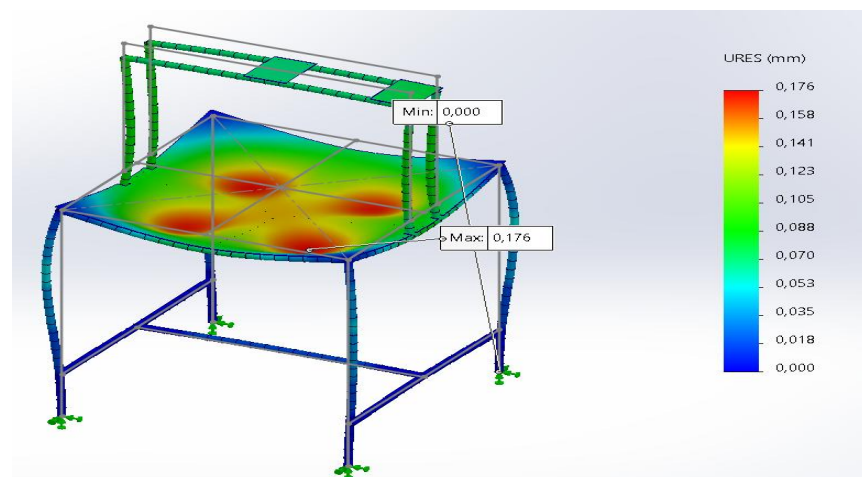
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.22 Hasil tegangan tekanan 6 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 5.762 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,004 N/mm².

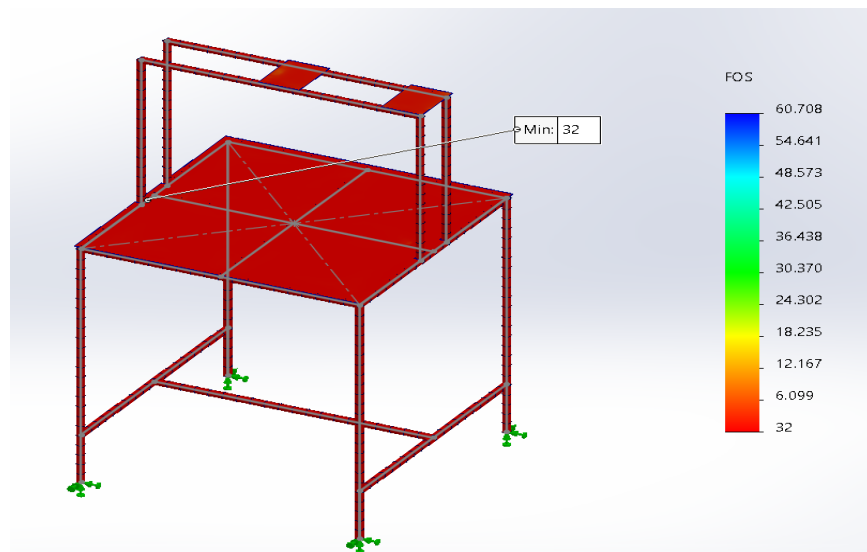
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.23 Hasil *displacement* tekanan 6 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,176 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*

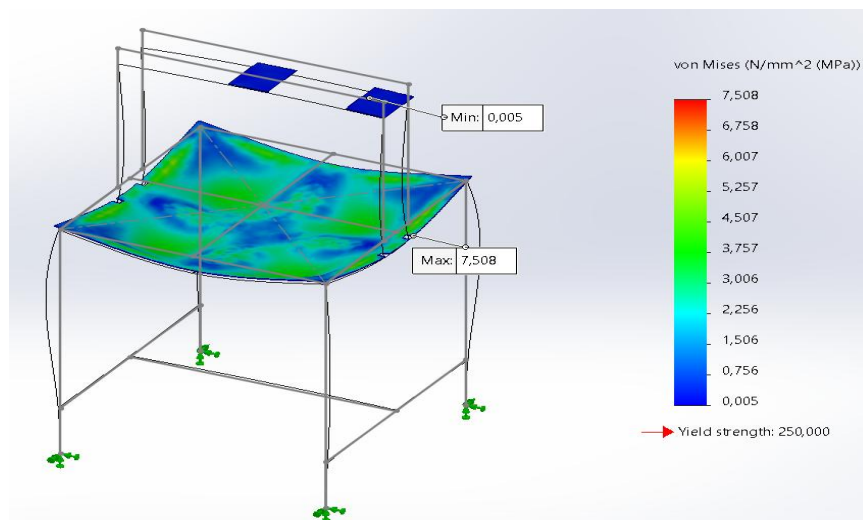


Gambar 4.24 Hasil *safety factor* tekanan 6 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 323,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 32.

4.6.3 Hasil Simulasi Dengan Tekanan Kerja 8 Bar

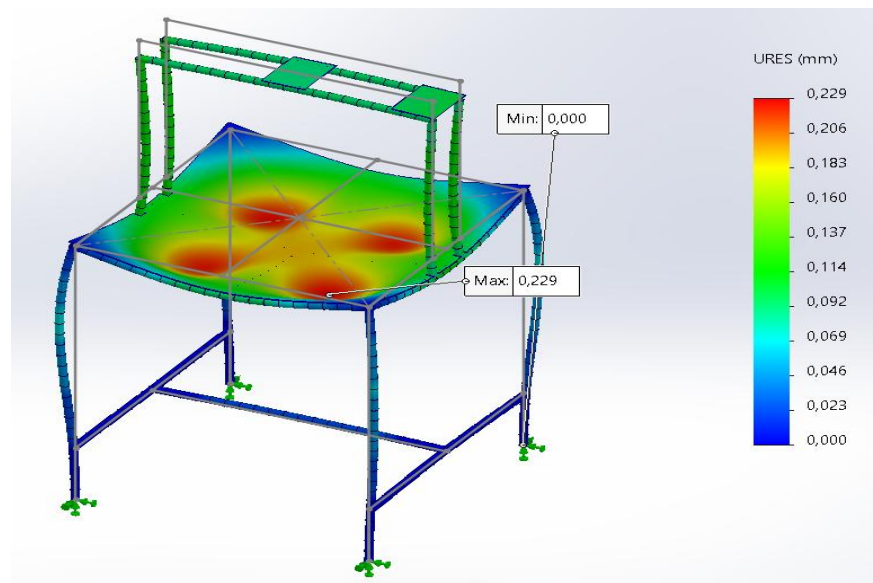
1. Hasil Tegangan



Gambar 4.25 Hasil tegangan tekanan 8 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai tegangan (*stress*) dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 7.508 N/mm² dan nilai minimum sebesar 0,005 N/mm².

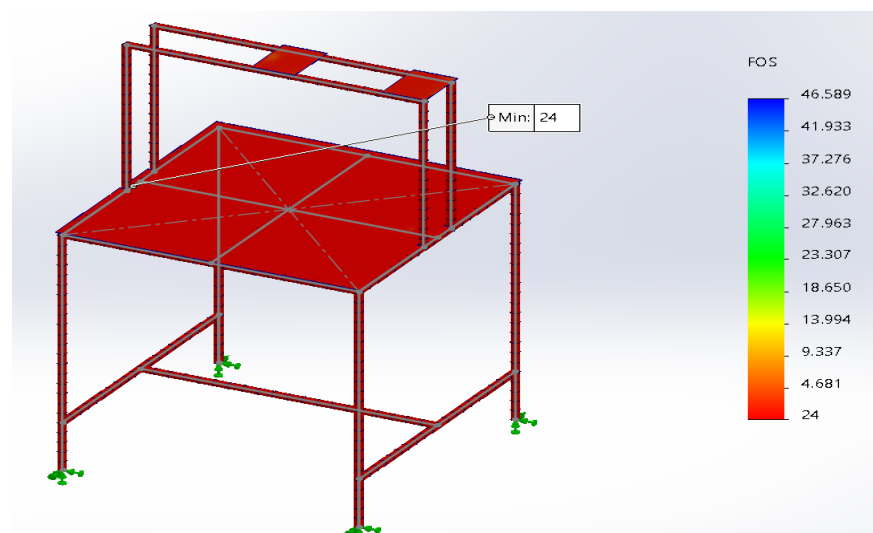
2. Hasil *Displacement*



Gambar 4.26 Hasil *displacement* tekanan 8 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *displacement* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai maksimum sebesar 0,229 mm dan nilai minimum sebesar 0,000 mm.

3. Hasil *Safety Factor*



Gambar 4.27 Hasil *safety factor* tekanan 8 bar hollow 20x20x2 mm

Pada gambar di atas didapatkan nilai *safety factor* dengan beban sebesar 421,4 N, didapatkan nilai minimum sebesar 24.

4.7 Hasil Simulasi Menggunakan FEA

Berdasarkan hasil simulasi didapat data yang digunakan dalam bentuk analisa data dengan menggunakan *FEA (Finite Element Analysis)*.

1. Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Besi Hollow 35x35x1,8 mm (*eksisting*)

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Menggunakan Besi Hollow 35x35x1,8 mm (*eksisting*)

Tekanan kerja (Bar)	Meja Kerja Hollow 35x35x1,8 mm		
	Tegangan (N/mm ²)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Safety Factor</i>
4	2,614	0,052	96
6	3,768	0,075	66
8	4,910	0,098	51

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.1, peningkatan tekanan kerja dari 4 bar hingga 8 bar menyebabkan kenaikan nilai tegangan dan *displacement* pada meja kerja. Nilai tegangan meningkat dari 2,614 N/mm² menjadi 4,910 N/mm², sedangkan nilai *displacement* meningkat dari 0,052 mm menjadi 0,098 mm. Di sisi lain, nilai *safety factor* mengalami penurunan dari 96 menjadi 51. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan kerja yang diberikan, maka beban yang diterima meja kerja semakin tinggi sehingga deformasi meningkat dan tingkat keamanan struktur menurun.

2. Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Besi Hollow 30x30x1,8 mm

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Menggunakan Besi Hollow 30x30x1,8 mm

Tekanan kerja (Bar)	Meja Kerja Hollow 30x30x1,8 mm		
	Tegangan (N/mm ²)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Safety Factor</i>
4	2,561	0,069	98
6	3,690	0,099	68
8	4,808	0,129	52

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.2, peningkatan tekanan kerja berpengaruh terhadap kenaikan nilai tegangan dan *displacement* pada meja kerja. Nilai tegangan meningkat dari 2,561 N/mm² pada tekanan 4 bar menjadi 4,808 N/mm² pada tekanan 8 bar. Nilai *displacement* juga mengalami peningkatan dari 0,069 mm menjadi 0,129 mm. Sementara itu, nilai *safety factor* menurun dari 98 menjadi 52. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kenaikan tekanan kerja menyebabkan struktur menerima beban yang lebih besar sehingga deformasi meningkat dan faktor keamanan menurun.

3. Hasil Simulasi Desain Meja Kerja Menggunakan Besi Hollow 20x20x2 mm

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Menggunakan Besi Hollow 20x20x2 mm

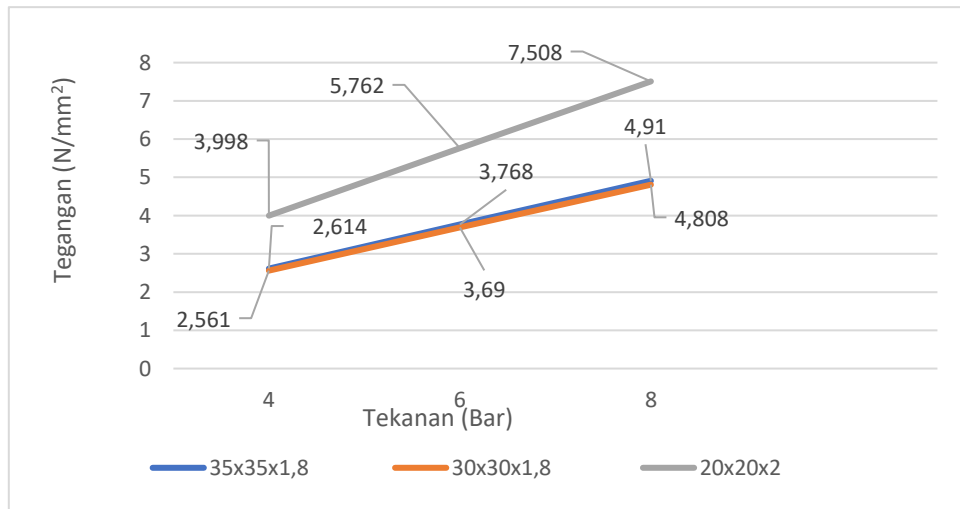
Tekanan kerja (Bar)	Meja Kerja Hollow 20x20x2 mm		
	Tegangan (N/mm ²)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Safety Factor</i>
4	3,998	0,122	45
6	5,762	0,176	32
8	7,508	0,229	24

Berdasarkan hasil simulasi pada Tabel 4.3, peningkatan tekanan kerja menyebabkan kenaikan nilai tegangan dan *displacement* pada meja kerja. Nilai tegangan meningkat dari 3,998 N/mm² pada tekanan 4 bar menjadi 7,508 N/mm² pada tekanan 8 bar. Nilai *displacement* juga meningkat dari 0,122 mm menjadi 0,229 mm. Sebaliknya, nilai *safety factor* mengalami penurunan dari 45 menjadi 24. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa hollow 20×20×2 mm memiliki tingkat deformasi dan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya, sehingga tingkat kekakuan dan keamanan struktur relatif lebih rendah.

4.8 Grafik Hasil Simulasi Menggunakan FEA

Berdasarkan hasil simulasi ditampilkan grafik simulasi *FEA* untuk membantu memahami hasil simulasi yang telah didapat.

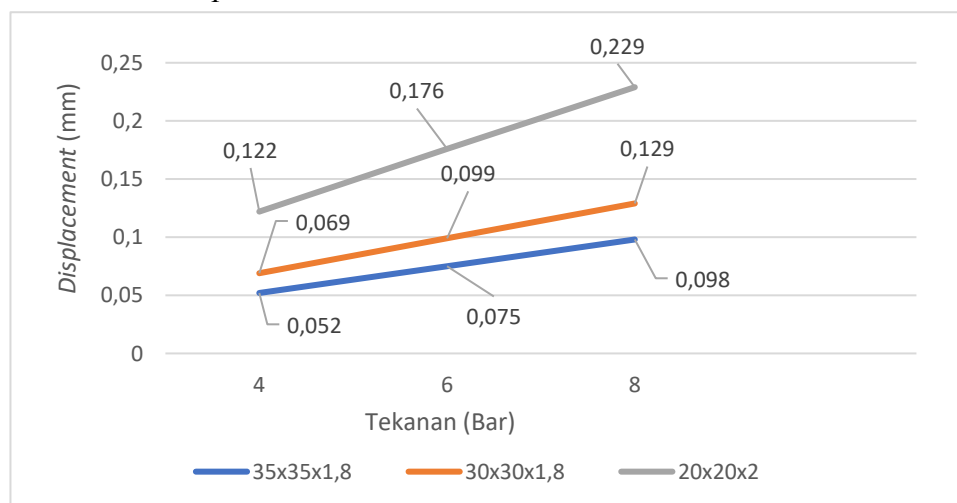
1. Grafik Hasil Tegangan



Gambar 4.28 Grafik hasil tegangan

Pada gambar diatas, grafik nilai tegangan meningkat seiring bertambahnya tekanan kerja dari 4 bar, 6 bar dan 8 bar. Hollow 20×20×2 mm menghasilkan tegangan tertinggi, sedangkan hollow 30×30×1,8 mm memiliki tegangan lebih rendah. Hal ini disebabkan karena ukuran hollow 20×20×2 mm lebih kecil sehingga kemampuan menahan beban lebih rendah dan menyebabkan konsentrasi tegangan lebih besar. Sementara itu, ukuran hollow 30×30×1,8 mm lebih besar sehingga distribusi beban menjadi lebih merata dan nilai tegangan yang terjadi lebih kecil.

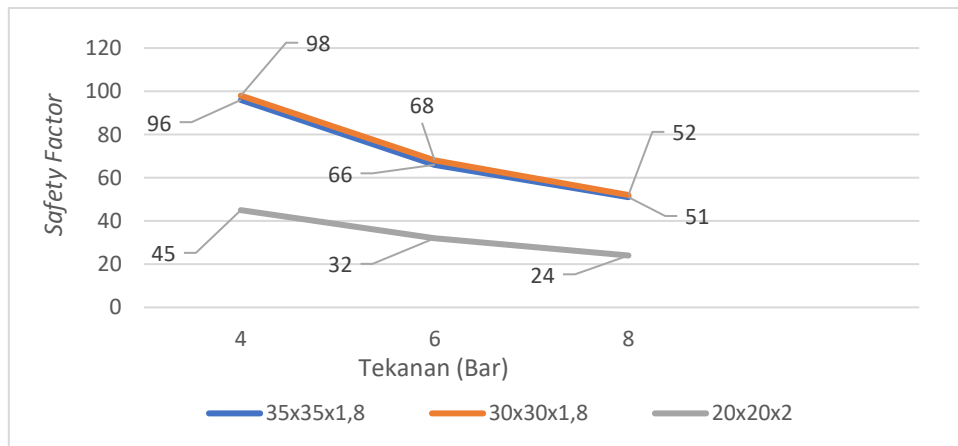
2. Grafik Hasil *Displacement*



Gambar 4.29 Grafik hasil *Displacement*

Pada gambar diatas, grafik nilai *displacement* meningkat seiring bertambahnya tekanan kerja dari 4 bar, 6 bar dan 8 bar. Hollow 20×20×2 mm menghasilkan *displacement* tertinggi. Sedangkan hollow 35×35×1,8 mm memiliki *displacement* terendah. Hal ini disebabkan karena hollow 20x20x2mm dengan ukuran lebih kecil memiliki kekakuan struktur yang lebih rendah sehingga lebih mudah mengalami deformasi ketika menerima pembebanan. Sebaliknya, hollow 35×35×1,8 mm memiliki kekakuan yang lebih baik sehingga mampu menahan deformasi dan menghasilkan nilai *displacement* yang lebih kecil.

3. Grafik Hasil *Safety Factor*



Gambar 4.30 Grafik hasil *safety factor*

Pada gambar di atas, grafik nilai *safety factor* menurun seiring bertambahnya tekanan kerja dari 4 bar, 6 bar, dan 8 bar. Hollow 30×30×1,8 mm menghasilkan *safety factor* tertinggi, sedangkan hollow 20×20×2 mm memiliki *safety factor* terendah. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan kerja yang diberikan, maka tegangan dan deformasi juga meningkat sehingga tingkat keamanan menurun. Hollow 20×20×2 mm memiliki ukuran yang lebih kecil sehingga kemampuan menahan beban lebih rendah dan menyebabkan nilai *safety factor* menjadi lebih kecil. Sebaliknya, hollow 30×30×1,8 mm memiliki kekakuan dan distribusi beban yang lebih baik sehingga mampu mempertahankan nilai *safety factor* lebih tinggi dibandingkan variasi hollow lainnya.

4.9 Perbandingan Hasil Simulasi Meja Kerja

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*, data tegangan, *displacement*, dan *safety factor* disajikan dalam bentuk tabel perbandingan untuk mempermudah analisis setiap variasi besi hollow. Berikut tabel perbandingan hasil simulasi dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Meja Kerja

Hollow (mm)	Tekanan (bar)	Gaya (N)	Tegangan (N/mm ²)	<i>Displacement</i> (mm)	<i>Safety Factor</i>
35×35×1,8	4	225,4	2,614	0,052	96
30×30×1,8	4	225,4	2,561	0,069	98
20×20×2	4	225,4	3,998	0,122	45
35×35×1,8	6	323,4	3,768	0,075	66
30×30×1,8	6	323,4	3,690	0,099	68
20×20×2	6	323,4	5,762	0,176	32
35×35×1,8	8	421,4	4,910	0,098	51
30×30×1,8	8	421,4	4,808	0,129	52
20×20×2	8	421,4	7,508	0,229	24

Berdasarkan Tabel 4.4, peningkatan tekanan kerja menyebabkan nilai tegangan dan *displacement* meningkat, sedangkan nilai *safety factor* menurun pada seluruh variasi besi hollow. Secara keseluruhan, hollow 35×35×1,8 mm merupakan desain yang paling optimal dari segi kekuatan struktur karena menghasilkan nilai *displacement* yang paling rendah serta memiliki *safety factor* yang masih tinggi pada setiap variasi tekanan kerja.