

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai pemamparan hasil simulasi pengujian. Simulasi dilakukan dengan penerapan metode elemen hingga menggunakan variasi penopang kursi yang sudah ditentukan. Hasil dari pengambilan data simulasi berupa grafik *chart* analisis tegangan yang terbaca ketika penopang kursi diberi beban kejut.

Pengambilan data menggunakan metode elemen hingga dengan cara *Static simulation* pada solidworks menghasilkan data dalam bentuk *report* yang nantinya disatukan menjadi sebuah grafik data yang utuh.

4.1 Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan dengan memberikan pembebanan seperti yang telah dijelaskan pada parameter penelitian. Berikut adalah hasil simulasi dari ketahanan penopang kursi pengemudi bus:

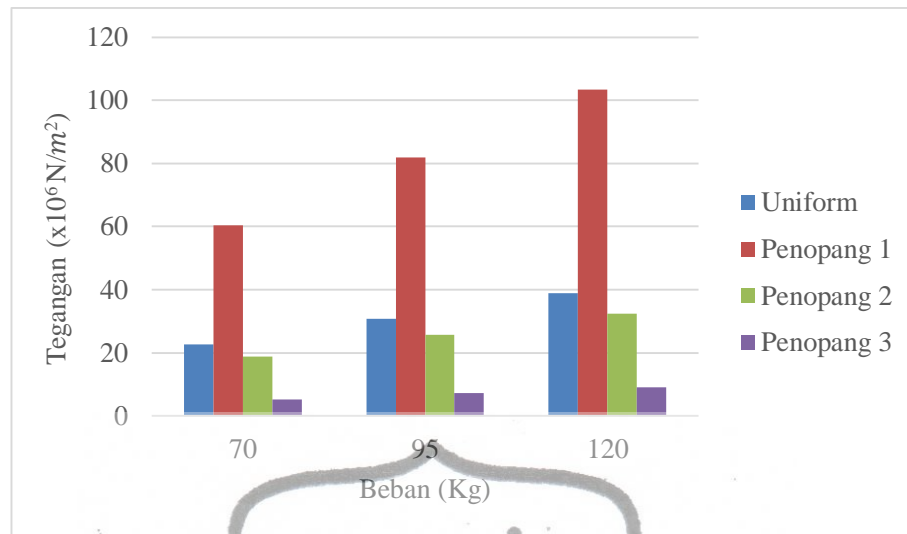
1. Kondisi beban statis

Dari pengujian kondisi beban statis dapat diperoleh data yang kemudian disusun seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pembebanan pada kondisi statis

Penopang	Bobot Pembebanan (Kg)		
	70	95	120
	Hasil Tegangan ($\times 10^6$ N/m ²)		
<i>Uniform</i>	22,67	30,79	38,87
1	60,35	81,9	103,5
2	18,9	25,7	32,5
3	5,7	7,64	9,5

Dari Tabel 4.1 dapat dibentuk grafik hubungan antara bobot pembebanan dengan tegangan yang terjadi pada tiap penopang.



Gambar 4.1 Grafik Kondisi Beban Statis

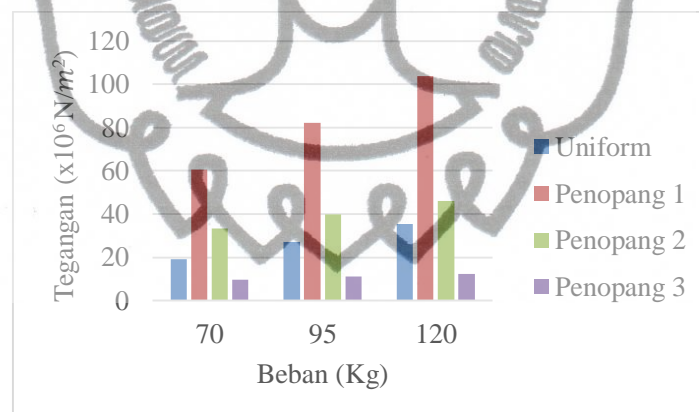
Dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pada seluruh beban baik 70kg, 95kg maupun 120kg, ketiganya sama-sama menunjukkan bahwa hasil dari penopang 1 memiliki tegangan paling tinggi diantara penopang lain. Sedangkan pada semua pembebanan, hasil tegangan dari penopang 3 menunjukkan angka yang paling kecil. Besarnya tegangan pada penopang 1 dikarenakan penempatan pemasangan lubang baut yang menempel pada dinding. Hal ini menyebabkan beban yang ditahan dapat lebih banyak, yaitu dari penopang itu sendiri, jok kursi, dan sopir bus. Sedangkan untuk penopang lain lubang baut menempel pada lantai. Penopang 3 dapat dikatakan sebagai penopang yang paling baik, karena dari 3 pembebanan, penopang 3 tetap memiliki tegangan yang paling rendah. Hal ini dikarenakan bentuk desain dari penopang 3 yang dapat mendistribusikan tegangan secara lebih merata daripada penopang lain. Hasil tersebut juga dapat menggambarkan bahwa keempat penopang masih dapat menerima beban yang diberikan tanpa terjadi patahan atau *fracture* pada penopang kursi. Nilai standar yang diharapkan dari sebuah penopang yang dapat menahan beban atau tegangan masuk, diambil dari 3 data terendah pada *range* $45 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Dengan demikian keempat penopang masih memenuhi FOS, dimana tegangan *von-Mises* yang dihasilkan tidak lebih dari *yield strength* sehingga bentuk penopang, posisi penempatan penopang, dan beban yang diberikan ke penopang dapat mempengaruhi hasil simulasi tegangan pada program *solidworks* [6].

2. Kondisi ketika menginjak kopling

Berdasarkan hasil pengujian kondisi beban ketika menginjak kopling dapat diperoleh data yang kemudian disusun seperti Tabel 4.2, lalu pada Gambar 4.2 menunjukkan data yang dihasilkan sebelumnya dalam bentuk grafik.

Tabel 4.2 Data hasil pembebanan pada kondisi ketika menginjak kopling

Penopang	Bobot Pembebanan (Kg)		
	70	95	120
	Hasil Tegangan ($\times 10^6$ N/m ²)		
<i>Uniform</i>	19,15	27,26	35,35
1	60,6	82,16	103,7
2	33,4	39,8	46,2
3	10,22	11,55	12,85



Gambar 4.2 Grafik Kondisi Ketika Meninjak Kopling

Gambar 4.2 menggambarkan kondisi ketika pengemudi dalam keadaan statis, kemudian pengemudi menginjakkan kopling sehingga memberikan beban tambahan ke penopang dari arah depan. Dengan demikian terdapat kenaikan pada tegangan yang dihasilkan. Namun penopang 2 dan 3 mengalami kenaikan pada hasil tegangan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan penopang mengalami penyaluran distribusi tegangan yang sedikit tidak beraturan apabila menerima dari dua sisi secara bersamaan dimana variasi dari bentuk penopanglah yang mempengaruhi hasil tegangan [6]. Pada penopang bentuk umum justru mengalami

sebaliknya, penurunan dari hasil tegangan ini mempunyai sebab yang sama yaitu pengaruh dari bentuk penopang sehingga masing-masing bentuk penopang dapat menerima dan kemudian mengarahkan beban ke arah sesuai.

3. Kondisi ketika menginjak rem

Dari pengujian kondisi beban statis dapat diperoleh data yang kemudian disusun seperti Tabel 4.3, kemudian Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan hasil dalam bentuk grafik.

Tabel 4.3 Data hasil pembebanan pada kondisi ketika menginjak rem

Penopang	Bobot Pembebanan (Kg)		
	70	95	120
Hasil Tegangan ($\times 10^6$ N/m ²)			
Uniform	24,03	32,98	41,9
1	60,9	82,9	105
2	22,16	30,64	39,1
3	6,37	8,55	10,81



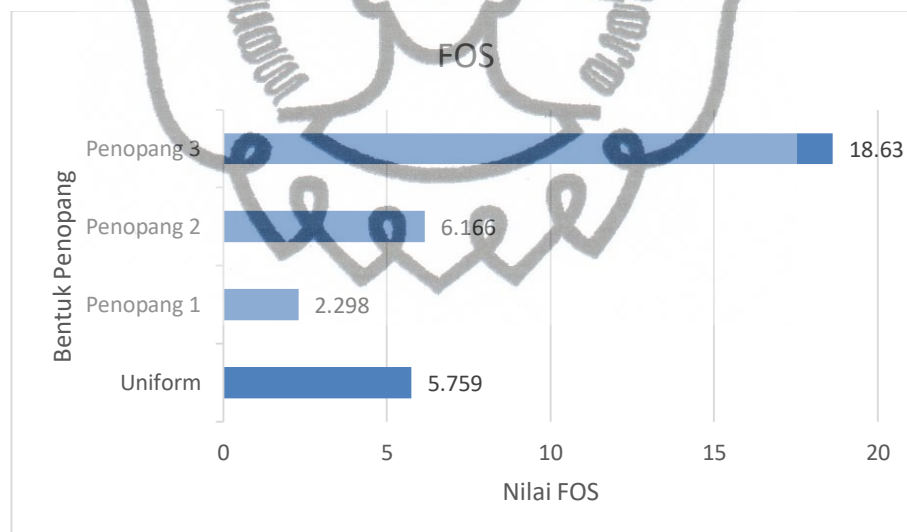
Gambar 4.3 Grafik Kondisi Ketika Menginjak Rem

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 dibandingkan ketika dalam kondisi beban statis dan kondisi ketika menginjak kopling, kenaikan pada tiap penopang cenderung lebih konsisten. Hal ini disebabkan oleh arah beban

yang diberikan ketika menginjak rem cenderung lebih merata karena datangnya arah pembebanan tidak hanya dari depan dan atas pengemudi, tetapi juga dari arah belakang ketika pengemudi menginjak rem. Dengan begitu dapat diketahui ketika kursi dibebani secara bersamaan dari atas, depan, dan yang timbul dari belakang, penopang masih dapat menerima beban dengan baik serta merata. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu bentuk penopang, dimana pada pengujian kopling penopang 2 mengalami kenaikan yang drastis. Hal ini disebabkan oleh bentuk desain penopang 2 yang memungkinkan jika pembebanan yang tidak seimbang menjadikan beban yang diterima penopang akan lebih besar. Sehingga hasil tegangan dari simulasi akan mengalami peningkatan yang drastis.

4. FOS

Simulasi faktor keamanan yang telah dijelaskan pada parameter dapat dijadikan sebuah grafik seperti Gambar 4.4 di bawah ini.



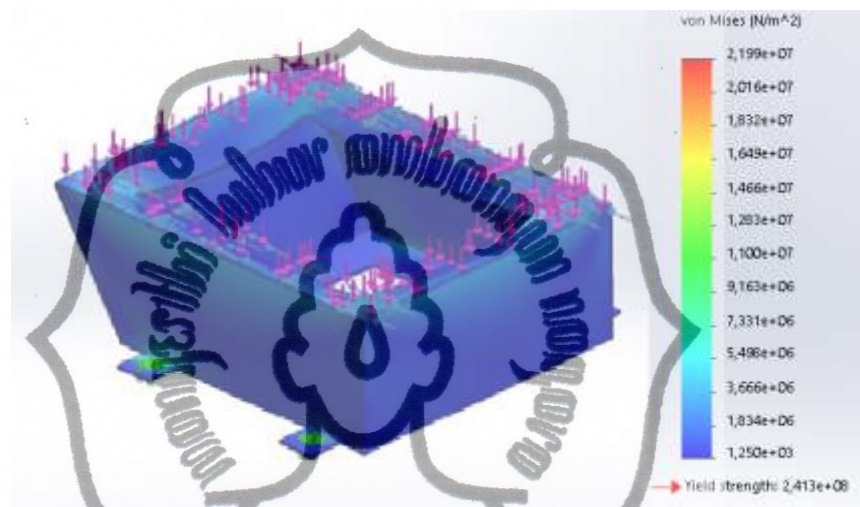
Gambar 4.4 Grafik Hasil Simulasi Faktor Keamanan Penopang Kursi

Berdasarkan hasil faktor keamanan dari Gambar 4.4 pada setiap penopang kursi, dapat dilihat bahwa bentuk penopang 2 yang hasilnya hampir mendekati penopang *uniform* yang mana sudah dipasarkan secara umum. Sedangkan hasil tertinggi diperoleh penopang 3 dimana hasil ini disebabkan ukuran dan bentuk dimensi dari penopang 3 yang lebih kokoh secara bentuk dimensi dibanding ketiga penopang lainnya. Untuk penopang 1 mempunyai hasil terendah karena

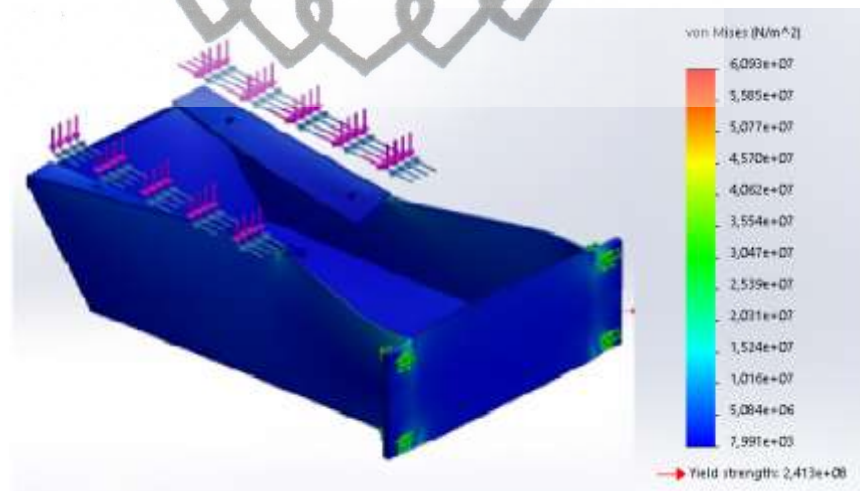
posisi tumpuan jepit yang berada pada dinding dan bukan berada pada posisi lantai bus, sehingga berat dari penopang juga akan mempengaruhi hasil tegangan.

5. Tegangan *von-Mises*

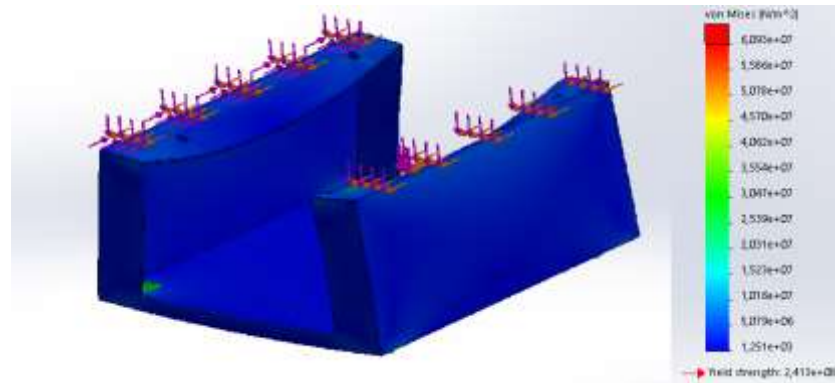
Gambar 4.5 menunjukkan tegangan *von-Mises* pada penopang yang dihasilkan dari simulasi. Hasil ini memiliki nilai yang tinggi pada bagian tertentu. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan bentuk dimensi pada penopang sehingga nilai titik tegangan yang dihasilkan berbeda-beda.



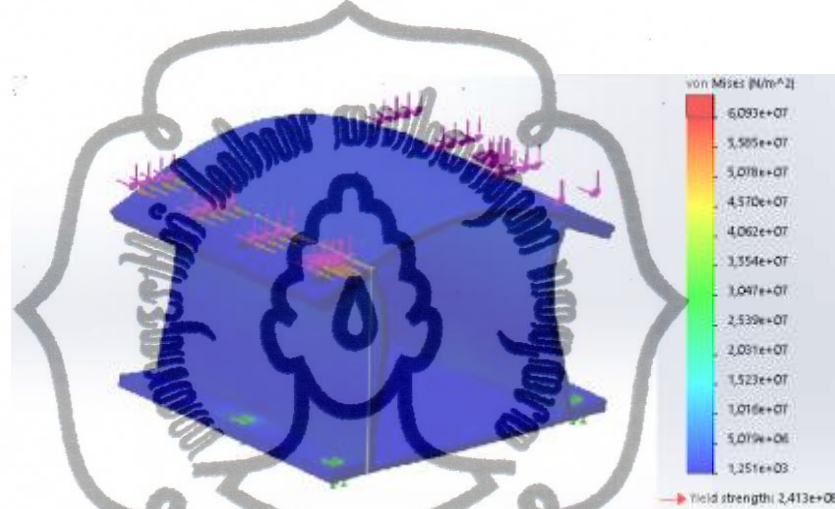
(a) Uniform;



(b) Penopang 1;



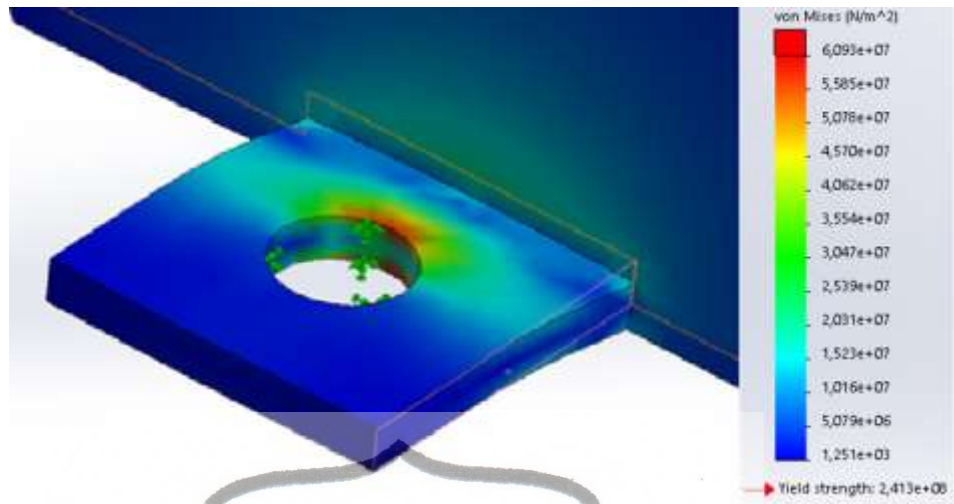
(c) Penopang 2;



(d) Penopang 3

Gambar 4.5 Hasil Tegangan *von-Mises* Pada Penopang (a) *Uniform*;
(b) Penopang 1; (c) Penopang 2; (d) Penopang 3

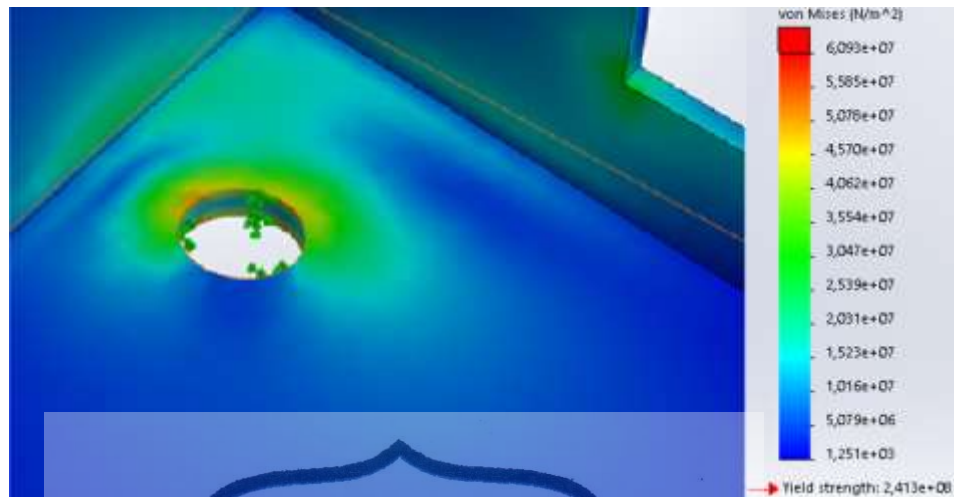
Gambar 4.5 di atas menjelaskan bagaimana tiap penopang mendistribusikan tegangan yang masuk. Dengan keterangan warna biru menjelaskan bahwa pada bagian penopang tersebut menerima tegangan paling sedikit. Bagian yang berwarna merah menjelaskan bagian penopang yang menerima tegangan dengan nilai paling tinggi. Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat kembali perbedaan dari sebagian besar bagian yang paling banyak menerima beban yaitu pada lubang baut ke badan bus, masing-masing ditunjukkan dengan perbesaran gambar pada Gambar 4.6 di bawah ini.



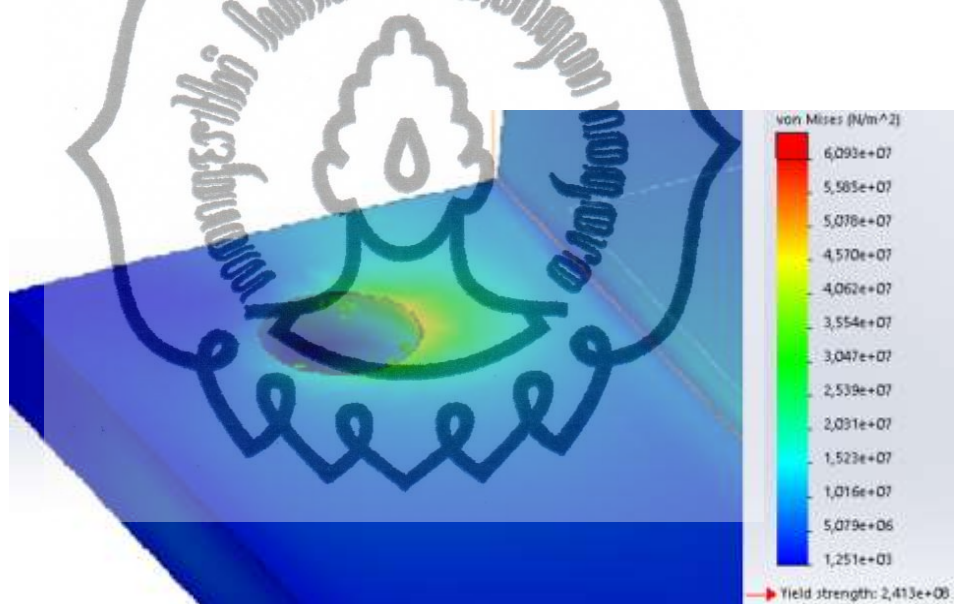
(a) Uniform;



(b) Penopang 1;



(c) Penopang 2;



(d) Penopang 3

Gambar 4.6 Perbesaran Pada Lubang Baut Tiap Penopang (a) *Uniform*; (b) Penopang 1; (c) Penopang 2; (d) Penopang 3

Pada penopang *uniform*, lubang baut mendapatkan tegangan pada sisi dalam ketika dibaut ke rantai bus. Kemudian penopang 1 menunjukkan hasil tegangan yang sama ketika dibaut ke dinding bus. Hasil penopang 2 ketika dibaut menempel pada rantai, tegangan lebih merata pada *area* lubang baut dan lebih sedikit yang mencapai titik kritis dibanding penopang *uniform* dan penopang 1. Hal ini disebabkan karena lubang baut tidak diletakkan pada plat terpisah tetapi pada plat inti penopang yang disatukan dengan rantai bus. Sedangkan penopang 3

berbeda dengan ketiga penopang lainnya, karena hasil dari simulasi menunjukkan bahwa penopang 3 bagiannya yang terkena tegangan lebih sedikit selain itu memiliki kesamaan dengan penopang 2 dengan titik kritis yang sedikit pada sekitar lubang baut.



Gambar 4.7 Kondisi Aktual Lubang Baut Penopang Setelah Penggunaan Selama Bertahun-tahun

Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi aktual seperti Gambar 4.7, lubang baut akan lebih cepat mengalami korosi karena sebagai tumpuan jepit dari penopang kursi yang pertama kali menahan beban ketika dalam berkendara dengan kondisi dan posisi apapun.

4.2 Validasi Hasil Permodelan Berdasarkan Pembandingan Data Simulasi

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa proses simulasi sudah memiliki *trendline* penelitian yang sudah tervalidasi datanya.

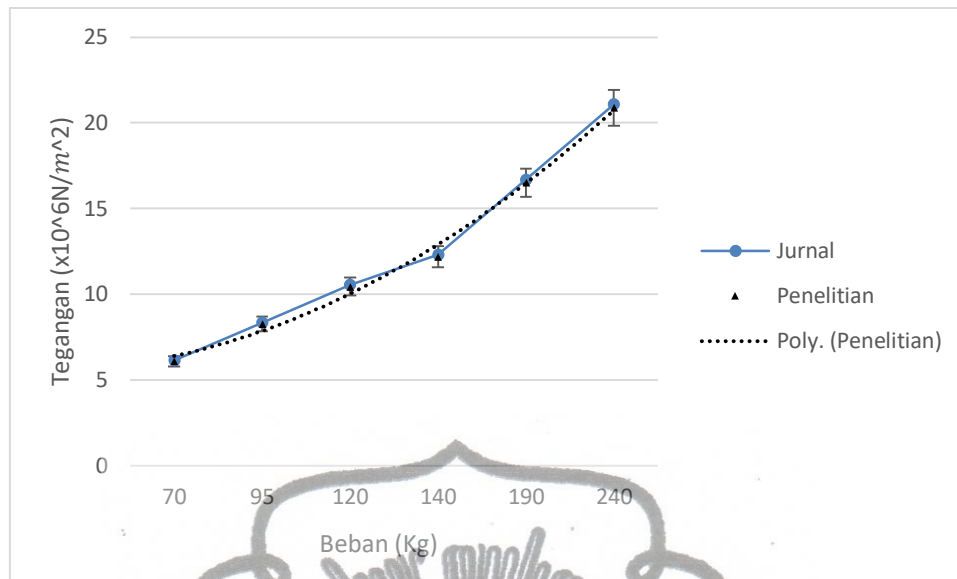
1. Validasi tegangan dengan Jurnal [14]

Berikut adalah hasil simulasi untuk validasi pembanding dengan menggunakan benda penelitian.

Tabel 4.4 Data perbandingan tegangan FEM dengan Jurnal [14]

Beban (Kg)	Tegangan ($\times 10^6$ N/m ²)		Error (%)
	Jurnal	Penelitian	
70	6,148	6,084	1,04098
95	8,353	8,266	1,04154
120	10,55	10,44	1,04265
140	12,31	12,18	1,05605
190	16,7	16,52	1,07784
240	21,1	20,88	1,04265
Rata" error			1,05028

Hasil Tabel 4.4 di atas menggunakan *meshing* 4,75 mm dengan toleransi 0.2375 mm untuk *setting* penelitian sedangkan *meshing* 10 mm dan toleransi 0,5 mm merupakan *setting* berasal dari jurnal [14]. Dari hasil data tabel di atas dapat dilihat hasil error dari antar data sangat kecil, yaitu ada pada nilai dibawah 5%. Hasil *error* didapatkan dari selisih angka pada penelitian dengan angka dari hasil *setting* jurrnal acuan [14]. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil data simulasi yang telah dilakukan sudah memenuhi kriteria pada kondisi aktual.

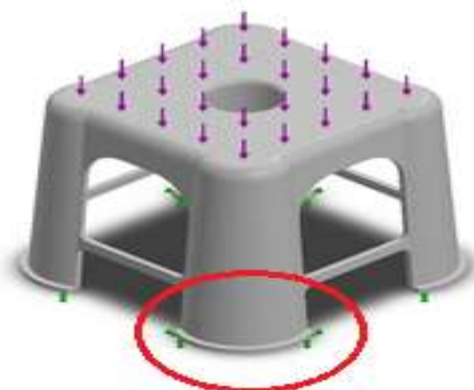


Gambar 4.8 Hasil Hubungan Beban dengan Tegangan pada Simulasi dengan Benda Penelitian

Berdasarkan grafik perbandingan simulasi terdapat perbedaan hasil tegangan antara jurnal dengan penelitian. Hal ini disebabkan oleh nilai kerapatan *meshing*, bila semakin rapat maka semakin banyak nodal yang ada pada model penopang. Dengan demikian pembeban yang akan diberikan akan tersebar secara lebih *detail* dan merata di permukaan tiap nodalnya. Secara garis besar, data simulasi dapat mendekati kondisi nyata yang terjadi di lapangan.

2. Validasi tegangan dengan Jurnal [15]

Berikut adalah gambar dan hasil simulasi untuk validasi pembandingan dengan menggunakan benda dari jurnal.

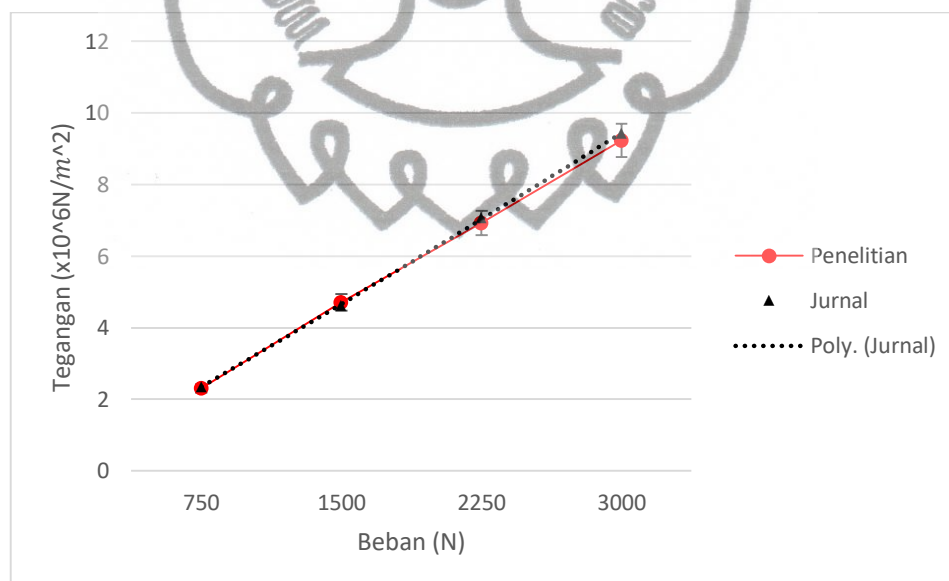


Gambar 4.9 Hasil Simulasi Jurnal Pembandingan

Tabel 4.5 Data perbandingan tegangan FEM dengan Jurnal [15]

Beban (N)	Tegangan ($\times 10^6 \text{ N/m}^2$)		Error (%)
	Penelitian	Jurnal	
750	2,309	2,357	2,03648
1500	4,714	4,617	2,05770
2250	6,926	7,07	2,03677
3000	9,235	9,428	2,04709
Rata" error			2,04451

Hasil Tabel 4.5 di atas digunakan *meshing* 4,75 mm dengan toleransi 0.2375 mm untuk *setting* penelitian dan jurnal dengan nilai *meshing* 15,1 mm dan toleransi 0,65 mm [15]. Dari keempat hasil pembebanan menunjukkan perbandingan antara hasil penelitian dan hasil jurnal memiliki *error* sebesar 2% dimana cukup jauh dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa *setting* penelitian dapat dipertanggungjawabkan dengan data yang sesuai kondisi aktual.



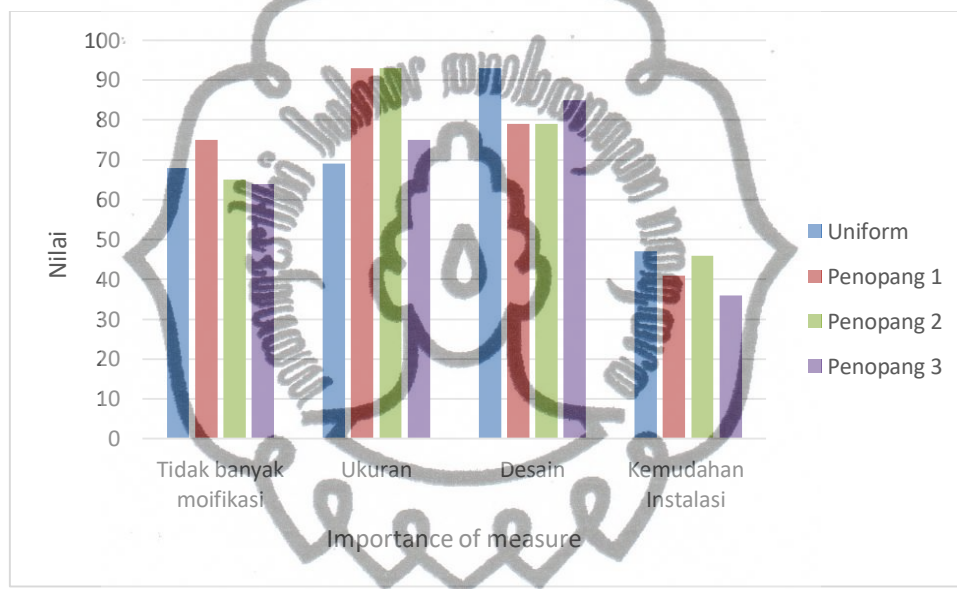
Gambar 4.10 Hasil Hubungan Beban dengan Tegangan pada Simulasi dengan Benda dari jurnal

Berdasarkan grafik perbandingan simulasi terdapat perbedaan hasil tegangan antara jurnal dengan penelitian. Hal ini terjadi karena kerapatan *meshing* yang menyebabkan semakin rapat maka akan semakin banyak nodal yang akan

ada pada model penopang. Maka pembeban yang akan diberikan akan tersebar secara lebih *detail* dan merata di permukaan tiap nodalnya. Dengan begitu data simulasi dapat mendekati kondisi aktual yang terjadi di lapangan dan dapat dipertanggungjawabkan.

4.3 Respon Pengemudi Berdasarkan Data HOQ

Berdasarkan kuisioner yang juga disebar ke beberapa pengemudi mengenai bagaimana pendapat pengemudi terhadap masing-masing penopang, berikut hasil respon pengemudi dalam bentuk grafik Gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4.11 Grafik Nilai *Importance of Measure* HOQ

Sebagian besar jawaban kuisioner dari pengemudi menjawab, bahwa aspek yang paling penting pada penopang kursi yaitu kemudahan pemasangan atau instalasi dan tidak banyak perubahan desain (modifikasi). Aspek-aspek tersebut mencakup penopang yang sesuai standar produksi, kekuatan penopang, kenyamanan dari penopang. Aspek ukuran dan desain tidak terlalu penting bagi para pengemudi sehingga dapat dijelaskan bahwa prioritas para pengemudi dari sebuah penopang kursi yaitu keamanan dan kenyamanan sebuah penopang kursi dalam membantu kinerja mengemudikan sebuah