

ANALISA VARIASI PEMBEBANAN TERHADAP TEGANGAN TARIK PADA *SUSPENSION LUGS* BOM P – SERIES PRODUK PT XX MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA (FEM)

Muhammad Nur Yusuf Abdulloh Munir, Unung Lesmanah, Mochammad Basjir

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

muhammadnuryusuf2307@gmail.com

Abstrak

Sebuah bom udara memiliki penghubung antara bom dengan pesawat agar bom dapat dibawa oleh pesawat. Peralatan eksternal yang dipasang seperti bom, rudal dan tangki bahan bakar, mengalami kekuatan aerodinamis dan inersia yang sangat besar dalam penerbangan. Kekuatan-kekuatan ini ditransfer ke titik antarmuka *suspension system*, yang dikenal sebagai *suspension lug* (suslug). Pada penelitian ini dilakukan analisa tegangan tarik dengan variasi pembebanan yang bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan *suspension lug* Bom P-Series produk PT. XX, dan untuk mengetahui letak titik kritis dengan melihat tegangan terbesar dari hasil analisa tersebut. Hasil penelitian analisa variasi pembebanan terhadap tegangan tarik pada *suspension lug* Bom P-Series produk PT. XX maka dapat diambil kesimpulan bahwa bahwa besar pembebanan berbanding lurus dengan nilai tegangan, semakin besar pembebanan yang diterapkan maka semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan. Dan sebaliknya nilai tegangan berbanding terbalik dengan nilai faktor keamanan, semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan maka semakin kecil nilai faktor keamanannya.

Kata Kunci: *Suspension Lug (Suslug), metode elemen hingga, software FEM*

1. PENDAHULUAN

Tahun 2005 PT. XX merilis produk pertamanya yaitu bom P-XX yang juga termasuk jenis bom udara. Dalam proses penelitiannya, bom tersebut melalui beberapa proses analisa dan verifikasi seperti analisa aerodinamika, uji kekuatan struktur, dll. Sebuah bom udara memiliki penghubung antara bom tersebut dengan pesawat agar bom dapat dibawa oleh pesawat.

Menurut [1] semua beban eksternal yang dibawa di bawah pesawat terpasang di atasnya melalui mekanisme yang umumnya dikenal sebagai *suspension system*. Peralatan eksternal yang dipasang seperti bom, rudal dan tangki bahan bakar, mengalami kekuatan aerodinamis dan inersia yang sangat besar dalam penerbangan. Kekuatan-kekuatan ini ditransfer ke titik antarmuka *suspension system*, yang dikenal sebagai *suspension lug* (suslug).

Suspension lug merupakan bagian untuk menggantung peralatan dan persenjataan dibawah pesawat. Kekuatan gantungan harus diperhitungkan secara baik agar tidak terjadi kegagalan pada saat menggantung peralatan dan persenjataan dibawah pesawat. Salah satu upaya pencegahan agar tidak terjadi kegagalan maka dapat dilaksanakan analisa menggunakan metode elemen hingga.

Menurut [2] metode elemen hingga digunakan sebagai analisa awal untuk menganalisa desain yang

telah dibuat agar didapatkan desain yang paling baik untuk memangkas biaya *trial-and-error*.

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisa tegangan tarik dengan variasi pembebanan yang bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan *suspension lug* tersebut, dan untuk mengetahui letak titik kritis dengan melihat tegangan terbesar dari hasil analisa tersebut. *Suspension lug* yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah bagian dari produk PT. XX dengan menggunakan bahan baja S45C dan menggunakan desain *suspension lug* dari PT. XX dan software FEM sebagai alat analisa metode elemen hingga.

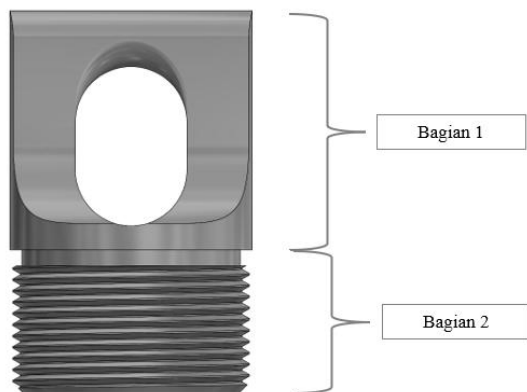
1.1 Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh variasi pembebanan statis sebesar 1.100 N, 5.500 N dan 9.900 N terhadap nilai tegangan tarik pada *suspension lug* dengan menggunakan metode elemen hingga?
- Bagaimana pengaruh variasi sudut tarik sebesar 90° dan 45° terhadap nilai tegangan tarik pada *suspension lug* dengan menggunakan metode elemen hingga?

2. LANDASAN TEORI

Sebuah *suspension lug system* digunakan dengan senjata yang dapat dibuang yang menyediakan

antarmuka mekanis antara senjata dan banyak pesawat. [3] Dalam dokumen paten United States [3] Secara historis, senjata yang dapat dibuang, seperti rudal atau senjata yang dapat digunakan lainnya, misalnya, yang dibawa di pesawat terbang, telah menggunakan lug suspensi tipe mata berulir atau dibaut yang dipasang selama prosedur pemuatan. Bagian-bagian dari *suspension lug* yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah sebagai berikut



Gambar 2.1 Bagian *suspension lug* produk PT. XX

Terdapat 2 bagian pada gambar 2.1, bagian 1 disebut tangkai *suspension lug*. Bagian tersebut adalah bagian yang mendapat kontak langsung dengan gantungan (*hook*) pada pesawat dan mempunyai peran penting karena pada bagian inilah pesawat tempur menggantung bom yang ada dibawahnya. Sedangkan bagian 2 adalah ulir *suspension lug* yang berfungsi sebagai pengikat bom dan dalam penelitian ini akan menjadi bahan untuk dianalisa nilai tegangan dan kuat tariknya.

Material yang digunakan pada *suspension lug* berupa Baja S45C / JIS S45C Steel dan akan dianalisa kekuatan tarik *suspension lug* menggunakan data mechanical properties di tabel 2.1 dengan nilai *yield strength* sebagai *allowable load* atau beban ijin yang digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai *safety factor* atau faktor keamanan. Berikut adalah mechanical properties dari baja S45C yang digunakan untuk keperluan analisa:

Tabel 2.1 Mechanical Properties Baja S45C

No.	Mechanical Properties	Value
1.	Density	7,85 g/cm ³
2.	Ultimate Tensile Strength	569 Mpa
3.	Yield Strength	343 Mpa
4.	Poissons Ratio	0,29
5.	Modulus of Elasticity	205 Gpa

(Sumber: MatWeb.com, n.d)

Metode elemen hingga (FEM) adalah prosedur numerik yang dapat digunakan untuk mendapatkan

solusi untuk masalah teknik kelas besar yang melibatkan analisis tegangan, perpindahan panas, elektromagnetisme, dan aliran fluida. Secara umum, masalah teknik adalah model matematika dari situasi fisik. Model matematika dari banyak masalah teknik adalah persamaan diferensial dengan himpunan batas dan/atau kondisi awal yang sesuai. Persamaan diferensial diturunkan dengan menerapkan hukum dasar dan prinsip alam ke sistem atau volume atur. Persamaan yang mengatur ini mewakili keseimbangan massa, gaya, atau energi [2]

Menurut [2] langkah dasar dalam metode elemen hingga yaitu fase *preprocessing*, fase solusi, dan fase *postprocessing*.

Ketika beberapa sistem gaya atau beban eksternal bekerja pada suatu benda, gaya internal (sama dan berlawanan) dipasang di berbagai bagian benda, yang menahan gaya eksternal. Gaya internal per satuan luas pada setiap bagian tubuh ini dikenal sebagai tegangan. Dalam satuan S.I., tegangan biasanya dinyatakan dalam Pascal (Pa) sehingga 1 Pa = 1 N/m² atau satuan yang lebih besar yaitu megapascal (MPa) dan gigapascal (GPa). Tetapi ketika suatu sistem gaya atau beban bekerja pada suatu benda, benda mengalami deformasi. Deformasi per satuan panjang dikenal sebagai regangan.

Apabila sebuah benda dikenai dua tarikan aksial yang sama dan berlawanan P (juga disebut beban tarik) maka tegangan yang diinduksi pada bagian manapun dari benda tersebut dikenal sebagai tegangan tarik. Karena adanya beban tarik maka akan terjadi penurunan luas penampang dan pertambahan panjang benda. Rasio pertambahan panjang dengan panjang aslinya dikenal sebagai regangan tarik.

Faktor keamanan didefinisikan sebagai rasio tegangan ultimit bahan komponen terhadap tegangan kerja. Ini menunjukkan kekuatan tambahan komponen daripada kekuatan yang dibutuhkan. Menurut [4] faktor keamanan atau *safety factor* merupakan istilah yang sangat penting dalam *engineering design*. Saat merancang produk atau komponen rekayasa apa pun, keselamatan adalah yang paling penting. Untuk memastikan keamanan barang-barang tersebut, setiap komponen dirancang untuk menanggung lebih banyak beban daripada beban operasi sebenarnya. Jadi, akan selalu ada margin atau bantalan dibandingkan dengan kemampuan pengoperasiannya. Hal ini dipastikan selama tahap desain dengan mempertimbangkan faktor keamanan yang sesuai.

Karena dalam penelitian ini menggunakan nilai yield strength sebagai asumsi ultimate load dan nilai tegangan tarik maksimal dari hasil analisa FEM sebagai asumsi allowable load, maka dalam penelitian ini akan diterapkan perhitungan faktor keamanan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Factor\ of\ safety = \frac{Yield\ Strength}{Max\ Stress}$$

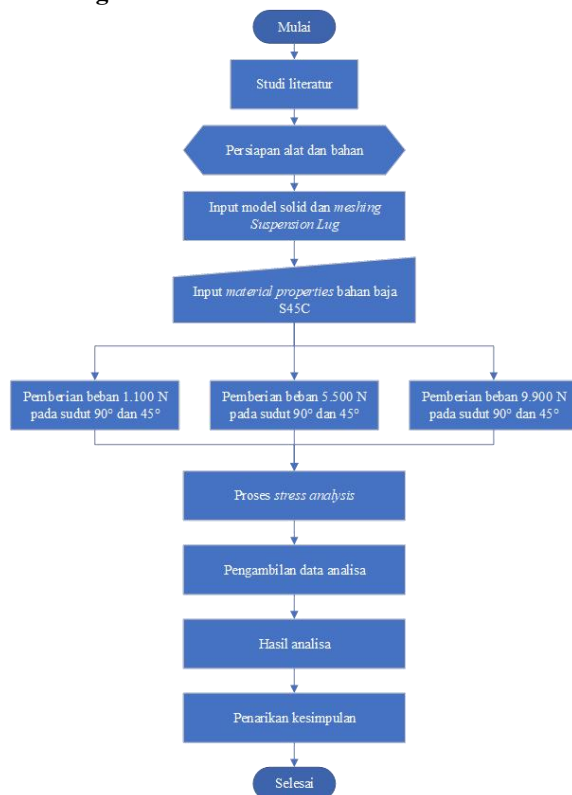
3. METODOLOGI PENELITIAN

Menurut [5] penelitian yang dikerjakan harus mengacu pada metode, karena dalam metode tersebut terdapat cara dan ketentuan dalam menyelesaikan sebuah penelitian. Metode penelitian diartikan sebagai cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian dalam penelitian ini, maka dalam penelitian ini akan digunakan metode statistik deskriptif yaitu statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Penelitian yang dilakukan pada populasi (tanpa diambil sampelnya) jelas akan menggunakan statistik deskriptif dalam analisisnya. [5]

3.1 Variabel

Dalam simulasi *stress analysis* pada penelitian ini akan digunakan variabel bebas pembebanan yaitu 1.100 N, 5.500 N, dan 9.900 N dan variabel bebas sudut pembebanan yaitu 90° dan 45°. Sedangkan dalam penelitian ini, variabel tetap yaitu bahan baja S45C dengan menggunakan desain dan ukuran paten *suspension lug* dari PT. XX.

3.2 Rancangan Penelitian



3.3 Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari 2023 sampai Juni 2023 di Laboratorium Teknik

Mesin Universitas Islam Malang yang bertempat di Jl. Mayjen Haryono 193 Malang.

4. ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C yang diambil data material propertiesnya untuk dimasukkan kedalam *software* FEM. Data yang akan diambil yaitu hasil tegangan pada tangkai *suspension lug* dan ulir *suspension lug*, dimana variabel pembebanan yang ditentukan yaitu 1100N, 5500N, dan 9900N dan variabel sudut tarik yang ditentukan yaitu 90° dan 45°. Pada penelitian ini akan didapat 6 data tangkai *suspension lug* pada sudut tarik 90°, 6 data tangkai *suspension lug* pada sudut tarik 45°, 6 data ulir *suspension lug* pada sudut tarik 90°, 6 data ulir *suspension lug* pada sudut tarik 45°, sehingga total data yang didapat sejumlah 24 data.

Tabel 4.1 tabel nilai tegangan maksimal pada tangkai *suspension lug*

Tegangan pada tangkai <i>Suspension lug</i> (Mpa)				
No			Variasi Sudut	
			90°	45°
1	Pembebanan (N)	1100	20,12	43,39
2		5500	100,64	216,97
3		9900	181,15	390,55



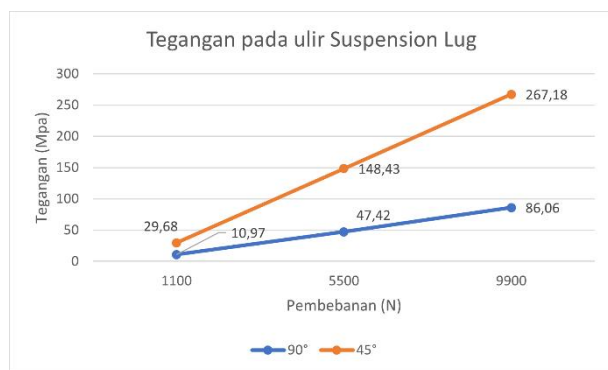
Gambar 4.1 grafik tegangan terhadap pembebanan pada tangkai *suspension lug*

Pada gambar 4.1 dapat diketahui bahwa nilai tegangan pada tangkai *suspension lug* akan semakin tinggi seiring dengan naiknya pembebanan, dan nilai tegangan pada sudut tarik 45° cenderung memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi dari nilai tegangan pada sudut tarik 90°. Dalam grafik tersebut dapat diketahui nilai tegangan tertinggi pada tangkai *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 181,15 Mpa, dan nilai tegangan tertinggi pada tangkai *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 45° yaitu sebesar 390,55 Mpa. Perbedaan nilai tegangan tersebut dipengaruhi oleh perbedaan luas penampang yang menahan pembebanan, pada sudut tarik 45° memiliki luas penampang yang menahan pembebanan lebih kecil

dikarenakan arah sudut tarik yang miring. Sedangkan nilai tegangan terkecilnya terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut 90° yaitu sebesar 20,12 Mpa.

Tabel 4.2 tabel nilai tegangan maksimal pada ulir *suspension lug*

Tegangan pada ulir <i>Suspension lug</i> (Mpa)				
No			Variasi Sudut	
			90°	45°
1	Pembebanan (N)	1100	10,97	29,68
2		5500	47,42	148,43
3		9900	86,06	267,18

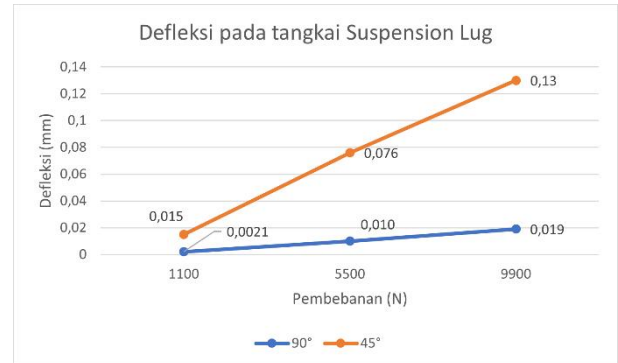


Gambar 4.2 grafik tegangan terhadap pembebanan pada tangkai *suspension lug*

Pada Gambar 4.2 dapat diketahui nilai tegangan tertinggi pada ulir *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 86,06 Mpa, dan nilai tegangan tertinggi pada ulir *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 45° yaitu sebesar 267,18 Mpa. Perbedaan nilai tegangan tersebut dipengaruhi oleh perbedaan letak tegangan tertinggi pada tangkai *suspension lug*, pada sudut tarik 45° letak tegangan tertinggi tangkai lebih dekat dengan bagian ulir, maka pada bagian ulir terdampak tegangan tinggi dari sudut tarik 45°. Sedangkan nilai tegangan terkecilnya terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 10,97 Mpa.

Tabel 4.3 Nilai defleksi maksimal pada tangkai *suspension lug*

Defleksi pada tangkai <i>Suspension lug</i> (mm)				
No			Variasi Sudut	
			90°	45°
1	Pembebanan (N)	1100	0,0021	0,015
2		5500	0,010	0,076
3		9900	0,019	0,13

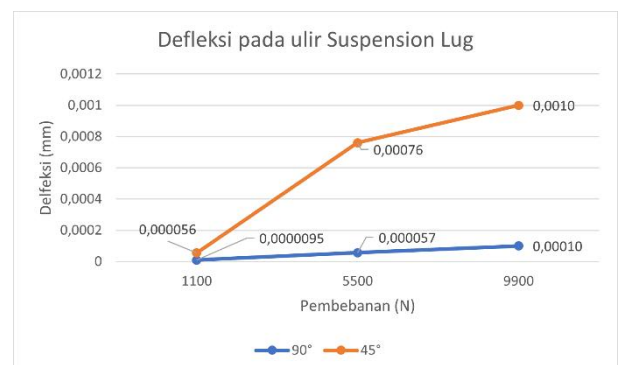


Gambar 4.3 Grafik defleksi terhadap pembebanan pada tangkai *suspension lug*

Pada gambar 4.3 dapat diketahui bahwa nilai defleksi pada tangkai *suspension lug* akan semakin tinggi seiring dengan naiknya pembebanan, dan nilai defleksi pada sudut tarik 45° cenderung memiliki nilai defleksi yang lebih tinggi dari nilai defleksi pada sudut tarik 90°. Dalam grafik tersebut dapat diketahui nilai defleksi tertinggi pada tangkai *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 0,019 mm, dan nilai defleksi tertinggi pada tangkai *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 45° yaitu sebesar 0,13 mm. Perbedaan nilai defleksi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan luas penampang yang menahan pembebanan, pada sudut tarik 45° memiliki luas penampang yang menahan pembebanan lebih kecil dikarenakan arah sudut tarik yang miring. Sedangkan nilai defleksi terkecilnya terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut 90° yaitu sebesar 0,0021 mm.

Tabel 4.4 Nilai defleksi maksimal pada ulir *suspension lug*

Defleksi pada ulir <i>Suspension lug</i> (mm)				
No			Variasi Sudut	
			90°	45°
1	Pembebanan (N)	1100	0,0000095	0,000056
2		5500	0,000057	0,00076
3		9900	0,00010	0,0010

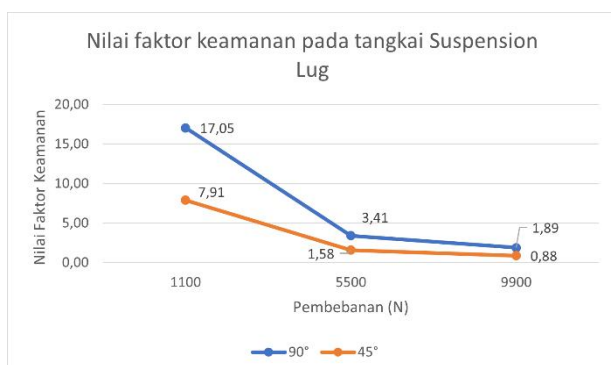


Gambar 4.4 Grafik defleksi terhadap pembebanan pada ulir *suspension lug*

Pada Gambar dapat diketahui nilai defleksi tertinggi pada ulir *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 0,0001 mm, dan nilai defleksi tertinggi pada ulir *suspension lug* yang terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut tarik 45° yaitu sebesar 0,001 mm. Perbedaan nilai defleksi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan letak tegangan tertinggi pada tangkai *suspension lug*, pada sudut tarik 45° letak tegangan tertinggi tangkai lebih dekat dengan bagian ulir, maka pada bagian ulir terdampak defleksi yang lebih tinggi pada sudut tarik 45°. Sedangkan nilai defleksi terkecil juga terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 0,0000095 mm.

Tabel 4.5 Nilai faktor keamanan pada tangkai *suspension lug*

Faktor Keamanan pada tangkai <i>Suspension lug</i>						
No	Variabel	Defleksi maksimal (mm)	Tegangan Maksimal (Mpa)	Material Yield Strength (Mpa)	Safety Factor	Status
1	1100N, 90°	0,0021	20,12	343	17,05	Aman
2	5500 N, 90°	0,010	100,64	343	3,41	Aman
3	9900 N, 90°	0,019	181,15	343	1,89	Aman
4	1100N, 45°	0,015	43,39	343	7,91	Aman
5	5500 N, 45°	0,076	216,97	343	1,58	Aman
6	9900 N, 45°	0,13	390,55	343	0,88	Tidak aman



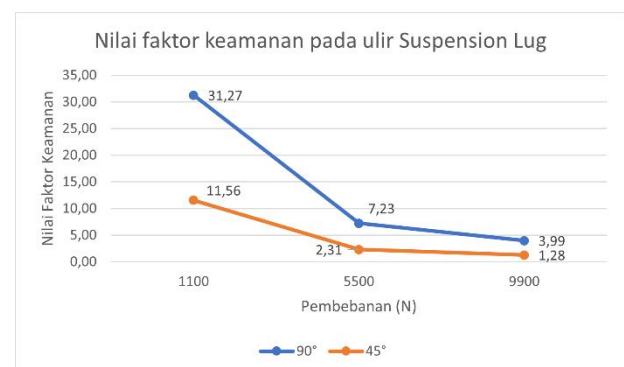
Gambar 4.5 Grafik nilai faktor keamanan terhadap pembebanan pada tangkai *suspension lug*

Pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai faktor keamanan pada tangkai *suspension lug* akan semakin kecil seiring dengan naiknya pembebanan. Dalam grafik tersebut dapat diketahui nilai faktor

keamanan tertinggi pada tangkai *suspension lug* terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 17,05, sedangkan nilai faktor keamanan terkecilnya terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut 45° yaitu sebesar 0,88.

Tabel 4.6 Nilai faktor keamanan pada ulir *suspension lug*

Faktor Keamanan pada Ulir <i>Suspension Lug</i>						
No	Variabel	Defleksi maksimal (mm)	Tegangan maksimal (Mpa)	Material Yield Strength (Mpa)	Safety Factor	Status
1	1100 N, 90°	0,0000095	10,97	343	31,27	Aman
2	5500 N, 90°	0,000057	47,42	343	7,23	Aman
3	9900 N, 90°	0,00010	86,06	343	3,99	Aman
4	1100 N, 45°	0,000056	29,68	343	11,56	Aman
5	5500 N, 45°	0,00076	148,43	343	2,31	Aman
6	9900 N, 45°	0,0010	267,18	343	1,28	Aman



Gambar 4.6 Grafik nilai faktor keamanan terhadap pembebanan pada ulir *suspension lug*

Pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa nilai faktor keamanan pada ulir *suspension lug* juga akan semakin kecil seiring dengan naiknya pembebanan. Dalam grafik tersebut dapat diketahui nilai faktor keamanan tertinggi pada ulir *suspension lug* terjadi pada pembebanan 1100N dan pada sudut tarik 90° yaitu sebesar 31,27, sedangkan nilai faktor keamanan terkecilnya terjadi pada pembebanan 9900N dan pada sudut 45° yaitu sebesar 1,28.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian analisa variasi pembebanan terhadap tegangan tarik pada *suspension lug* Bom P-

Series produk PT. XX maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Sudut tarik pada kemiringan 45° memiliki nilai tegangan yang lebih tinggi daripada sudut tarik tegak lurus 90° pada setiap pembebanan, sehingga hasil dari sudut tarik 45° memiliki nilai faktor keamanan yang lebih rendah daripada sudut tarik tegak lurus 90° .
- b) Nilai faktor keamanan yang ditentukan dalam penelitian ini adalah 1 (satu) sehingga tegangan yang diperbolehkan untuk produk dinyatakan aman adalah ≤ 343 Mpa, jika nilai tegangan pada produk melewati batas nilai tegangan tersebut maka produk dinyatakan tidak aman dan perlu dilakukan evaluasi terhadap produk.
- c) Nilai tegangan terkecil pada tangkai dan ulir *suspension lug* terjadi pada pembebanan 1100N dan sudut tarik 90° yaitu sebesar 20,12 Mpa pada tangkai dan 10,97 Mpa pada ulir, yang mana memiliki nilai faktor keamanan 17,05 pada tangkai dan 31,27 pada ulir sehingga *suspension lug* dinyatakan aman pada pembebanan tersebut.
- d) Nilai tegangan terbesar pada tangkai dan ulir *suspension lug* terjadi pada pembebanan 9900N dan sudut tarik 45° yaitu sebesar 390,55 Mpa pada tangkai dan 267,18 Mpa pada ulir, yang mana memiliki nilai faktor keamanan 0,88 pada tangkai dan 1,28 pada ulir, karena nilai faktor keamanan pada tangkai *suspension lug* memiliki nilai
- e) dibawah 1 sehingga *suspension lug* dinyatakan tidak aman pada pembebanan dan sudut tarik tersebut.
- f) Dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan berbanding lurus dengan nilai tegangan, semakin besar pembebanan yang diterapkan maka semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan. Dan sebaliknya nilai tegangan berbanding terbalik dengan nilai faktor keamanan, semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan maka semakin kecil nilai faktor keamanannya

6. SARAN

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, dapat memperhatikan saran sebagai berikut:

- a) Penelitian ini hanya terbatas pada analisa pembebanan statis dengan hanya memberikan pembebanan yang telah ditentukan untuk mengetahui distribusi tegangannya, diharapkan dalam penelitian selanjutnya agar menerapkan variabel yang lebih kompleks.
- b) Setiap analisa perlu adanya verifikasi sehingga perlu dilakukan pengujian untuk memverifikasi hasil dari analisa ini agar mendapatkan hasil yang akurat, maka diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengujian.
- c) Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap pembebanan yang dinyatakan tidak aman agar mendapatkan solusi atau perbaikan

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Riaz and M. Alam, "Qualification criteria verification for aisi-4340 steel *suspension lug*." 2005. Accessed: Oct. 22, 2022. [Online]. Available: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:38048412
- [2] S. Moaveni, "Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS," 1988. [Online]. Available: www.FreeEngineeringbooksPdf.com
- [3] S. W. Russell, Green. Valley, and Ariz, "US5961075 (Universal Suslug)," 1999
- [4] A. Kumar Dey, "Factor of Safety: Definition, Equation, Examples, Calculator (With PDF)," 2020.
- [5] Sugiyono, METODE PENELITIAN KUANTITATIF KUALITATIF DAN R&D. 2013