

ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN PADA KURSI BERSALIN LIPAT MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA (FEM)

Afif Fauzan Feriawan¹, Rifky Ismail², Ismoyo Haryanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

E-mail: afiffauzan833@gmail.com

Abstrak

Kursi bersalin merupakan salah satu hal yang vital dalam kenyamanan proses persalinan. Akan tetapi kursi bersalin tidak selalu tersedia terutama pada tempat-tempat dengan fasilitas kesehatan yang kurang memadai dan jauh dari kota. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis pembebanan pada kursi bersalin lipat yang bertujuan untuk mencari tahu kemampuan kursi bersalin lipat dengan material *stainless steel* 316 dalam menahan beban ibu hamil. Menggunakan metode analisis FEM (*Finite Element Method*), material *stainless steel* 316 telah dianalisis kemampuannya dalam menahan tegangan von Mises yang terjadi saat proses persalinan. Simulasi pembebanan dan analisis FEM dilakukan menggunakan software Ansys 2023 R1. Estimasi beban maksimum ibu hamil yang diperbolehkan adalah 150 kg, maka kursi bersalin lipat dapat disimulasikan menggunakan dummy test yang merepresentasikan beban maksimum ibu hamil tersebut. Dari hasil simulasi yang dilakukan didapat nilai tegangan von Mises pada material *stainless steel* 316 sebesar 171,51 MPa. Nilai total deformasi yang didapatkan adalah sebesar 1,103 mm. Kemudian berdasarkan nilai *yield strength* didapat nilai *safety factor* sebesar 1,47 dan dinyatakan cukup aman.

Kata kunci: fem (*finite element method*); kursi bersalin lipat; tegangan von mises

Abstract

A birthing chair is vital for a comfortable delivery. However, birthing chairs are not always available, especially in places with inadequate health facilities and far from the city. In this study, a load analysis was conducted on a folding delivery chair to determine the capacity of a folding delivery chair made of 316 stainless steel to withstand the weight of a pregnant woman. Using the Finite Element Method (FEM), the capacity of 316 stainless steel to withstand von Mises stress during the delivery process was analyzed. The load simulation and FEM analysis were performed using Ansys 2023 R1 software. The estimated maximum allowable load of a pregnant woman is 150 kg, so the folding delivery chair can be simulated using a dummy test that represents the maximum load of a pregnant woman. The simulation results showed that the von Mises stress on the 316 stainless steel material was 171.51 MPa. The total deformation obtained was 1.103 mm. Based on the yield strength value, the safety factor was 1.47, which was considered safe.

Keywords: fem (*finite element method*); folding birthing chair; von mises stress

1. Pendahuluan

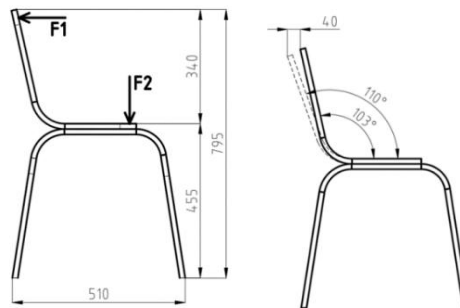
Proses persalinan membutuhkan fasilitas kesehatan yang baik dan memadai, akan tetapi tidak semua proses persalinan memiliki hal tersebut, terutama di tempat dengan fasilitas kesehatan yang kurang baik dan tempat-tempat yang terkena bencana alam. Pada suatu bencana, tingkat pelayanan prenatal yang tidak memadai meningkat dari 1,3% menjadi 3,9% [1]. Banyak wanita yang terpaksa melahirkan pada situasi dan kondisi yang kurang bersih tanpa adanya peralatan yang higienis ketika bencana terjadi [2]. Merancang layanan maternitas dan penyediaan perawatan berdasarkan apa yang diinginkan dan dibutuhkan oleh wanita sangat penting untuk memaksimalkan penggunaan layanan persalinan tersebut dan memastikan akses yang berkelanjutan ke layanan persalinan secara umum [3].

Kursi bersalin lipat merupakan perangkat medis yang dirancang untuk mendukung proses persalinan agar lebih terasa nyaman dan aman. Dalam analisis struktural kursi bersalin, pembebanan yang diperhitungkan mencakup beban statis dan dinamis yang ditimbulkan oleh berat tubuh pengguna serta tekanan yang diberikan oleh ibu hamil selama proses persalinan. Teori von Mises menyatakan bahwa material akan mulai mengalami kegagalan (*yielding*) ketika tegangan gabungan akibat beban mencapai nilai kritis tertentu. Tegangan utama dievaluasi dari tegangan yang diberikan pada lokasi tertentu, sehingga tegangan von Mises juga dihitung langsung dari tegangan tersebut [4]. Menggunakan metode *finite*

element atau metode elemen hingga, analisis kekuatan struktur dari kursi bersalin lipat dapat dihitung secara matematis [5].

Beberapa penelitian serupa telah dilakukan dan diantaranya adalah penelitian tentang perspektif ergonomik mengenai desain dan pemodelan kursi untuk pengguna komputer. Penelitian ini menganalisis struktur statis yang telah dilakukan pada berbagai variasi beban untuk mendapatkan deformasi total, tegangan ekuivalen von Mises, regangan utama, faktor umur dan faktor keamanan, dll. Penelitian ini menggunakan berat rata-rata manusia sebesar 800 N sebagai perhitungan yang diterapkan pada dudukan alas, penyangga dudukan, dan rangka alas. Sedangkan beban tangan rata-rata sebesar 50 N diterapkan pada setiap pegangan sandaran tangan. Sandaran dan penyangga kursi sandaran dikenai beban sebesar 150 N. Beberapa variasi material seperti PVC foam, *Structural Steel/Alumunium* (AA 6061), dan *High Density Polyethylene* digunakan dalam pengujian ini. Hasilnya didapatkan hasil terbaik adalah menggunakan material alumunium [6].

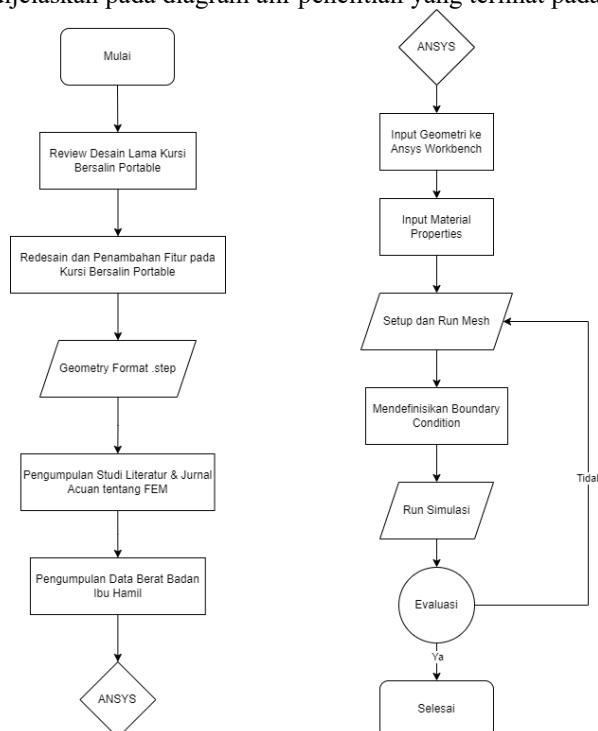
Sebagai acuan, metode simulasi yang digunakan disesuaikan dengan penelitian berjudul “*Construction of Wood-Based Lamella for Increased Load on Seating Furniture*”. Pada penelitian ini, berat badan pengguna yang dianalisis adalah sebesar 110 kg dan 150 kg. Nilai yang dijadikan parameter validasi adalah penempatan gaya F1 dan F2 pada dudukan dan sandaran kursi. Untuk pengguna kursi dengan berat badan 110 kg diberikan gaya F1 sebesar 450 N dan F2 sebesar 1300 N. Untuk pengguna kursi dengan berat badan 150 kg diberikan gaya F1 sebesar 613 N dan F2 sebesar 1775 N. Kursi untuk validasi ini memiliki tiga variasi ketebalan yaitu tipe A (11 mm), tipe B (13,5 mm), dan tipe C (16 mm). Batas fleksibilitas kursi atau maximum displacement dari kursi tidak boleh melebihi 40 mm atau 1100 dalam sudut lengkungan dudukan ke sandaran (sudut awal adalah 103°) [7]. Gambar 1 menunjukkan penempatan gaya F1 dan F2 serta sudut lengkungan kursi.



Gambar 1. Penempatan gaya F1 dan F2 serta sudut lengkungan kursi (Langova, et al., 2019)

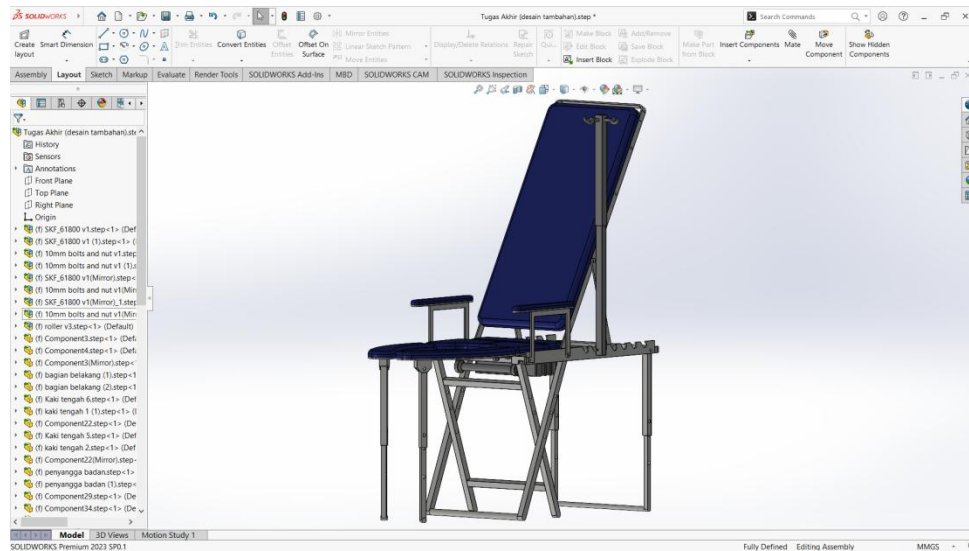
2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode elemen hingga atau *finite element method* (FEM) ini dilakukan mengikuti serangkaian proses seperti yang dijelaskan pada diagram alir penelitian yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Untuk mensimulasikan pembebanan tentunya diperlukan geometri dari kursi bersalin lipat itu sendiri dan *dummy test* yang merepresentasikan ibu hamil ketika bersalin. Geometri dari kursi bersalin lipat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Geometri kursi bersalin lipat

Dummy test dianggap sebagai representasi ibu hamil dengan berat badan mencapai 150 kg pada simulasi. Oleh karena itu pemberian beban F1 dan F2 diberikan pada *dummy test* ketika simulasi. Dengan perhitungan dari gaya F1 dan F2 adalah sebagai berikut.

$$F1 = BB \text{ Ibu Hamil} \times \text{Gravitasi}$$

$$= 150 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

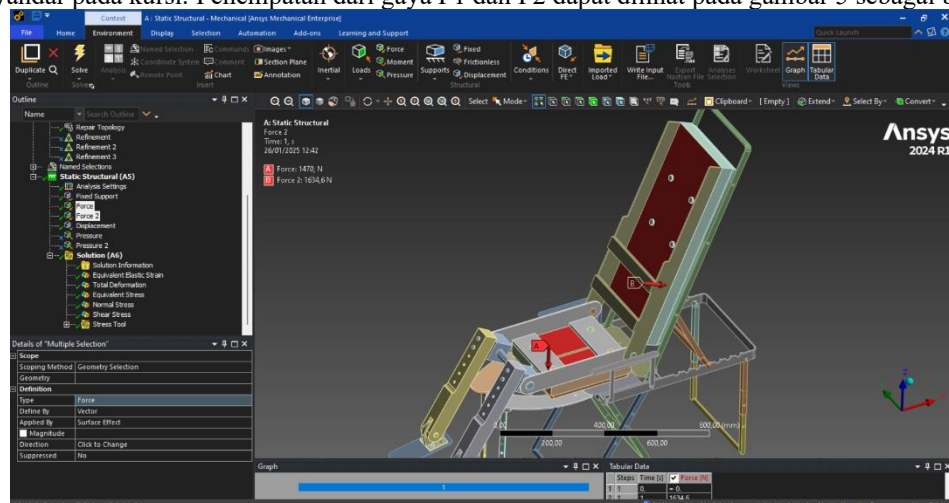
$$= 1470 \text{ N}$$

$$F2 = (80\% \text{ Ibu Hamil} \times \text{Gravitasi}) \times 139\%$$

$$= (120 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \times 139\%$$

$$= 1634,6 \text{ N}$$

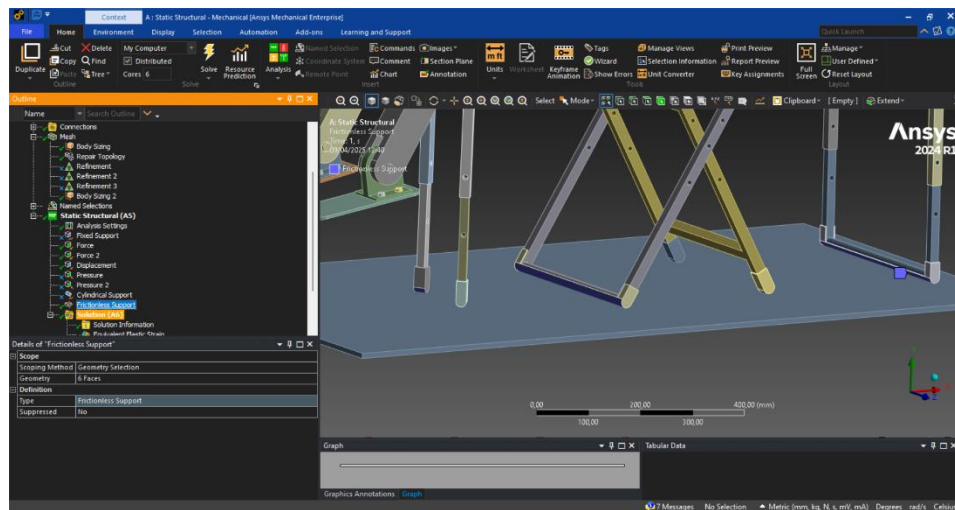
Dan penempatan dari gaya F1 diberikan pada bagian bawah *dummy test* yang merepresentasikan tubuh bagian bawah ibu hamil, sedangkan gaya F2 ditempatkan pada bagian atas *dummy test* yang merepresentasikan tubuh bagian atas ibu hamil yang menyandar pada kursi. Penempatan dari gaya F1 dan F2 dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Penempatan gaya F1 dan F2

Kemudian perlu diberikan juga support pada kaki-kaki kursi bersalin lipat yang disimulasikan. Diberikan frictionless support dan displacement pada kaki-kaki kursi yang mengalami kontak dengan lantai. Diberikan pula koefisien gesek

pada kontak antara kaki-kaki kursi dan lantai sebesar 0,58. Pemberian *constraint* berupa *frictionless support* dan *displacement* pada kaki-kaki kursi dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



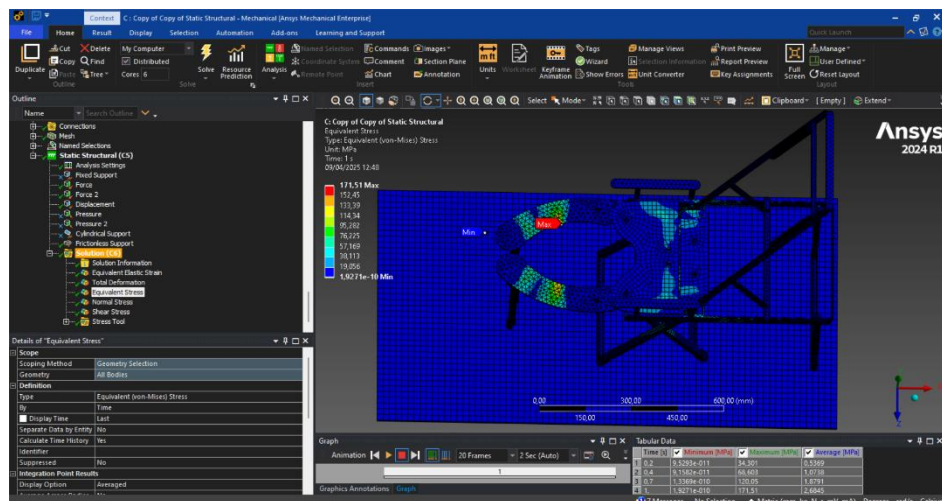
Gambar 6. Pemberian *constraint* berupa *frictionless support* dan *displacement*.

3. Hasil dan Pembahasan Equivalent von Mises Stress

Tegangan von Mises equivalent merupakan hasil dari teori distorsi energi (*Distortion Energy Theory*) yang menyatakan bahwa kegagalan material terjadi jika distorsi energi akibat kombinasi tegangan utama melampaui batas kekuatan luluh (*yield strength*) suatu material. Tegangan von Mises dapat digunakan dalam menentukan apakah suatu material akan mengalami kegagalan (mengalami deformasi plastis) ketika diberikan suatu beban tertentu.

1. *Stainless Steel 316*

Berdasarkan *mechanical properties* material *stainless steel 316*, material *stainless steel 316* memiliki batas kekuatan luluh (*yield strength*) maksimum sebesar 310 MPa. Hasil tegangan von Mises yang dialami oleh *stainless steel 316* dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Tegangan von Mises pada kursi bermaterial *stainless steel 316*

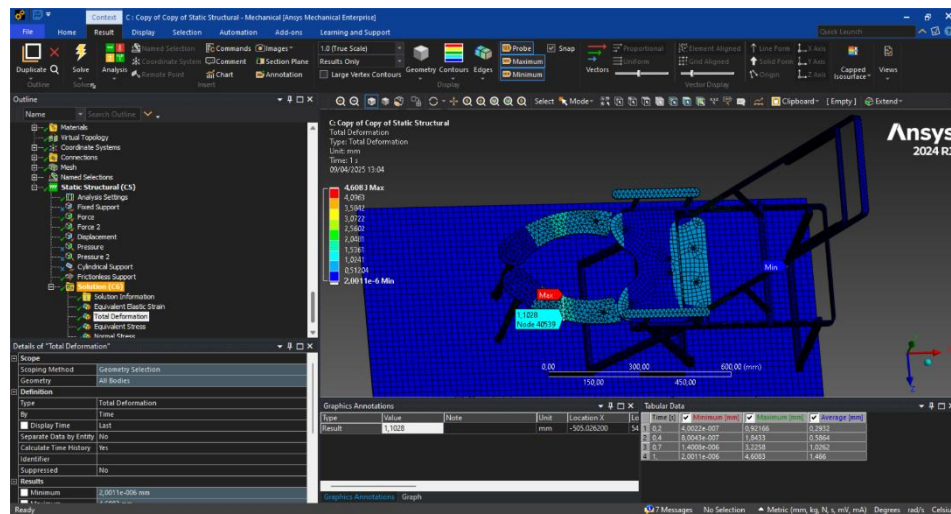
Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa tegangan maksimum von Mises yang terjadi adalah 171,51 MPa, jika dibandingkan dengan tegangan luluh (*yield strength*) maksimum yang dapat ditahan *stainless steel 316* adalah sebesar 310 MPa, maka material *stainless steel 316* dinyatakan dapat menahan beban yang diberikan.

Total Deformation

Total deformasi merupakan total perpindahan atau perubahan posisi yang dialami suatu struktur akibat adanya penerapan suatu beban tertentu. Total deformasi dapat digunakan sebagai tolak ukur kekakuan suatu material dalam menahan suatu beban tertentu tanpa mengalami adanya perubahan yang signifikan. Total deformasi merupakan hasil kumulatif dari perpindahan yang terjadi dalam struktur pada sumbu X, Y, dan Z.

1. Stainless 316

Suatu material dapat dikatakan baik jika nilai total deformasi yang ditunjukkan cenderung kecil. Menggunakan ansys statik structural kita dapat melihat nilai total deformasi yang terjadi dan dimana lokasi deformasi maksimum terjadi. Total deformasi yang terjadi pada kursi bersalin bermaterial *stainless steel* 316 dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Total deformasi yang terjadi pada kursi bermaterial *stainless steel* 316

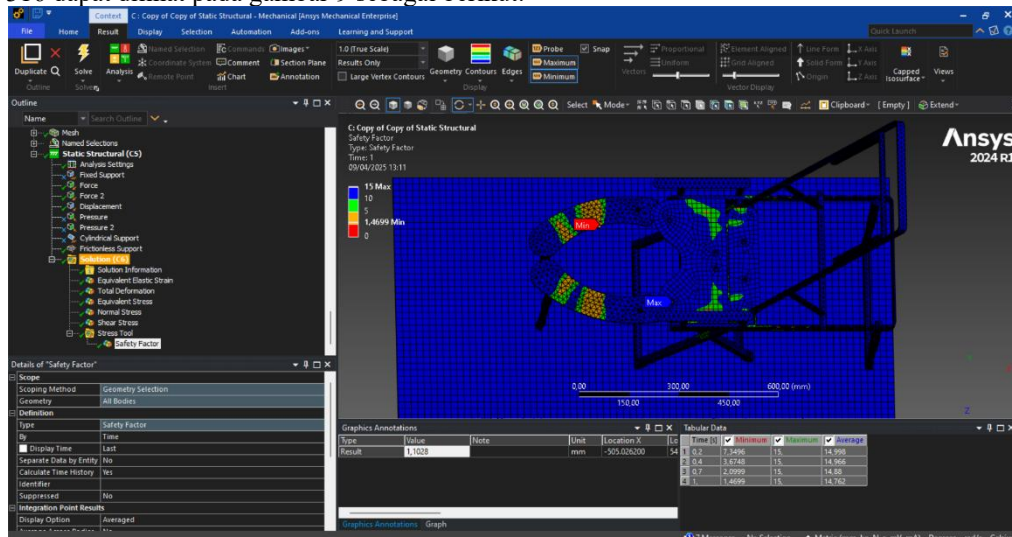
Dapat dilihat pada gambar 8 bahwa total deformasi maksimum yang terjadi pada kursi adalah sebesar 1,103 mm. Nilai tersebut masih dibawah 1 cm dan cenderung kecil, sehingga material *stainless steel* 316 dapat dinyatakan tidak mengalami deformasi atau perubahan posisi yang signifikan ketika digunakan.

Safety Factor

Safety factor merupakan parameter yang digunakan untuk memastikan bahwa suatu struktur, material, atau desain mampu menahan beban yang lebih besar dari yang direncanakan. *Safety factor* dapat didefinisikan sebagai rasio antara kekuatan material terhadap tegangan maksimum yang dialami struktur.

1. Stainless Steel 316

Pada umumnya, nilai *safety factor* untuk struktur umum berada pada rentang 1-2. Menggunakan ansys static structural kita dapat melihat nilai *safety factor* pada kursi untuk material *stainless steel* 316. Hasil analisis *safety factor* untuk *stainless steel* 316 dapat dilihat pada gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. *Safety factor* pada kursi bersalin bermaterial *stainless steel* 316

Dapat dilihat pada gambar 9 bahwa nilai *safety factor* yang ditunjukkan adalah sebesar 1,47. Struktur yang memiliki nilai *safety factor* lebih dari 1 sudah dapat dikatakan aman dan semakin besar nilainya semakin besar pula margin keamanannya. Dengan begitu, material *stainless steel* 316 sudah dapat dikatakan memenuhi parameter keamanan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, *stainless steel* 316 menunjukkan nilai tegangan von Mises sebesar 171,51 MPa dan dengan nilai *yield strength* yang tinggi yaitu 310 MPa. Dari perbandingan nilai *yield strength* material dan von Mises yang terjadi, material ini tetap memiliki faktor keamanan yang cukup baik sebesar 1,47. Selain itu, *stainless steel* 316 juga menghasilkan total deformasi yang kecil, yakni 1,103 mm, sehingga dapat dikategorikan sebagai material yang kaku dan stabil secara struktural.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jika dibandingkan dengan *aluminium alloy* 6061 dan *stainless steel* 304, *stainless steel* 316 lebih efektif dalam menahan beban. Namun, jika mempertimbangkan massa material, di mana *aluminium alloy* 6061 memiliki berat 12 kg sedangkan *stainless steel* 316 mencapai 36 kg, maka *aluminium alloy* 6061 dapat dikatakan sebagai pilihan terbaik secara keseluruhan karena menawarkan kombinasi yang ideal antara kekuatan, faktor keamanan, dan bobot yang ringan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Al-Khafaji, A. J. D., Panatov, G. S. & Boldyrev, A. S., 2022. Numerical Analysis and Optimization of a Winglet Sweep Angle and Winglet Tip Chord for Improvement of Aircraft Flight Performance. *DIAGNOSTYKA*, 23(2), p. 1.
- [2] Anderson, J., 2017. *Fundamentals of Aerodynamics*. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- [3] Balaji, K. & Yadav, A., 2023. Design and Optimization of Winglet Shapes for Cambered Aerofoil. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, p. 364.
- [4] Beehook, A. & Wang, J., 2013. *Aerodynamic Analysis of Variable Cant Angle Winglets for Improved Aircraft Performance*. London, Proceedings of the 19th International Conference on Automation & Computing.
- [5] Benasciutti, D., 2014. Some Analytical Expressions to Measure the Accuracy of the "Equivalent Von Mises Stress" in Vibration Multiaxial Fatigue. *Journal of Sound and Vibration*, pp. 4326-4340.
- [6] Betran, A. et al., 2016. The increasing trend in caesarean section rates: global, regional and national estimates: 1990-2014. *PLoS One*, 11(2).
- [7] Cheng, Z.-P. et al., 2021. Benefits Comparison of Vortex Instability and Aerodynamic Performance from Different Split Winglet Configurations. *Aerospace Science and Technology*, p. 1.
- [8] Colakoglu, M. H. & Apay, A. C., 2012. Finite Element Analysis of Wooden Chair Strength in Free Drop. *International Journal of the Physical Sciences*, 7(7), pp. 1105-1114.
- [9] Delavenne, M. et al., 2020. Assessment of The Efficiency of an Active Winglet Concept for a Long-Range Aircraft. *CEAS Aeronautical Journal*, p. 986.
- [10] Demasi, L., Monegato, G., Cavallaro, R. & Rybarczyk, R., 2022. Optimum Induced Drag of Wingtip Devices: The Concept of Best Winglet Design. *Aerotecnica Missili & Spazio*, 101(61-93), p. 79.
- [11] Desseauve, D., 2017. New approaches for assessing childbirth positions. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*, 46(2), pp. 189-95.
- [12] Desseauve, D., 2019. Assessment of pelvic-Lumbar-thigh Biomechanics to optimize the childbirth position. *Scientific reports*, 9(1), pp. 1-7.
- [13] Dhatt, G., Touzot, G. & Lefrancois, E., 2013. *Finite Element Method*. s.l.:s.n.
- [14] Downe, S. et al., 2018. What matters to women during childbirth: A systematic qualitative review. *PLOS one*.