



PENGARUH DIAMETER BOUT TERHADAP KEKUATAN RANGKA MAIN LANDING GEAR PESAWAT UAV MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Lasinta Ari Nendra Wibawa

Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Garut
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jln. Cilauteureun, Cikelet, Garut 44177
e-mail: lasinta.ari@lapan.go.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh diameter baut terhadap kekuatan rangka *main landing gear* untuk pesawat UAV menggunakan metode elemen hingga. Analisis statik linear dilakukan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2017. Material rangka *main landing gear* menggunakan Aluminium paduan 5083. Pesawat UAV memiliki berat 75 kg dengan kecepatan *landing* 10 m/s dan waktu impak 0,5 detik. Variabel diameter baut yaitu 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *Von Mises* untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 82,092 MPa, 85,113 MPa, 85,141 MPa, dan 85,340 MPa. Nilai deformasi untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 2,173 mm, 2,185 mm, 2,194 mm, dan 2,204 mm. Nilai faktor keamanan untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 3,472, 3,349, 3,347, dan 3,340. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa diameter baut terbaik adalah berukuran 11 mm.

Kata kunci: Aluminium 5083, Autodesk Inventor 2017, Analisis Elemen Hingga, *Main Landing Gear*, Diameter Baut

Abstract

This study examined the effect of bolt diameter on the strength of the main landing gear frame for UAV aircraft using the finite element method. Linear static analysis was carried out using the Autodesk Inventor Professional 2017 software. Main landing gear frame using Aluminum alloy 5083. UAV aircraft weighed 75 kg with a landing speed of 10 m / s and an impact time of 0.5 seconds. Variables of bolt diameter were 11 mm, 12 mm, 13 mm and 14 mm. The simulation results show that Von Mises stress for bolt diameters 11 mm, 12 mm, 13 mm, and 14 mm were 82.092 MPa, 85.113 MPa, 85.141 MPa and 85.340 MPa respectively. Deformation values for bolt diameters of 11 mm, 12 mm, 13 mm, and 14 mm respectively were 2.173 mm, 2.185 mm, 2.194 mm and 2.204 mm. The safety factor values for bolt diameters were 11 mm, 12 mm, 13 mm, and 14 mm respectively, which are 3.472, 3.349, 3.347, and 3.340. From the simulation results it can be concluded that the best bolt diameter was 11 mm in size.

Keywords: Aluminum 5083, Autodesk Inventor 2017, Finite Element Analysis, *Main Landing Gear*, Bolt Diameter

1. Pendahuluan

Sekarang ini UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau Drone telah digunakan di berbagai aplikasi seperti industri militer, transportasi kargo komersial, dan pemetaan[1]. Pesawat UAV juga sering digunakan dalam berbagai misi penyelamatan dan mitigasi bencana saat terjadi letusan gunung berapi, banjir, tanah longsor, dan gempa bumi karena cukup efisien dan aman.

Landing gear merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam konstruksi pesawat UAV [2][3][4][5][6]. *Landing gear* adalah struktur pendukung utama pesawat saat mendarat (*landing*)

dan lepas landas (*take off*). *Landing gear* ada beberapa jenis, yaitu *tail-wheel*, *tandem*, dan *tricycle*.

Tricycle landing gear adalah jenis *landing gear* yang terdiri dari 2 (dua) roda utama (*main landing gear*) pada bagian tengah yang merupakan pendukung beban UAV dan 1 (satu) roda pada bagian depan atau hidung pesawat (*nose landing gear*) yang berfungsi mengontrol manuver dari pesawat. *Tricycle landing gear* adalah jenis yang paling banyak digunakan pada pesawat UAV karena distribusi beban UAV lebih merata sehingga pergerakan jauh lebih stabil dan aman, tidak terpengaruh lintasan angin yang bergerak melintang, mengurangi bising saat pengereman, dan

meminimalkan terjadinya *ground-looping*.

Sambungan mekanik seperti baut dan paku keling (*rivet*) pada komponen dapat mengurangi kekuatannya. Hal ini disebabkan karena adanya konsentrasi tegangan pada lubang sambungan. Kondisi ini juga berlaku pada komponen *main landing gear*. Sambungan mekanik yang digunakan untuk menyambung *main landing gear* dengan badan pesawat UAV akan mengurangi kekuatan dari komponen tersebut.

Material rangka *main landing gear* menggunakan Aluminium paduan 5083 yang merupakan material ringan, titik cair rendah, fabrikasi yang murah, dan tahan korosi. Aluminium 5083 juga memiliki kekuatan sedang, mampu las baik (*weldability*), dan kekuatannya dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kandungan Magnesium (Mg) [7]. Material Aluminium 5083 juga memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) yang cukup tinggi, yaitu sebesar 285 MPa (*Autodesk Material Library*).

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh diameter baut terhadap kekuatan rangka *main landing gear*. Analisis elemen hingga dilakukan untuk mengukur seberapa besar pengaruh diameter baut terhadap tegangan *Von Mises*, deformasi dan faktor keamanan rangka *main landing gear*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan simulasi perangkat lunak (*software*) Autodesk Inventor Professional 2017. Simulasi Autodesk Inventor berguna untuk menjalankan analisis untuk membuktikan validitas dari sebuah desain. Hal ini jauh lebih praktis dan hemat waktu saat merancang desain sebelum membuatnya dalam bentuk prototipe fisik [8].

Autodesk Inventor Professional merupakan jenis perangkat pemodelan parametrik 3D [9] dan salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang dulu lebih familier dengan produk AutoCAD [10]. Autodesk Inventor memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan *drafter* dalam mendesain karena material yang disediakan dapat diatur semirip material aslinya.

Analisis tegangan yang dilakukan oleh Autodesk Inventor menggunakan metode analisis elemen hingga. Analisis elemen hingga adalah teknik numerik matematis untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (*mesh*) [11].

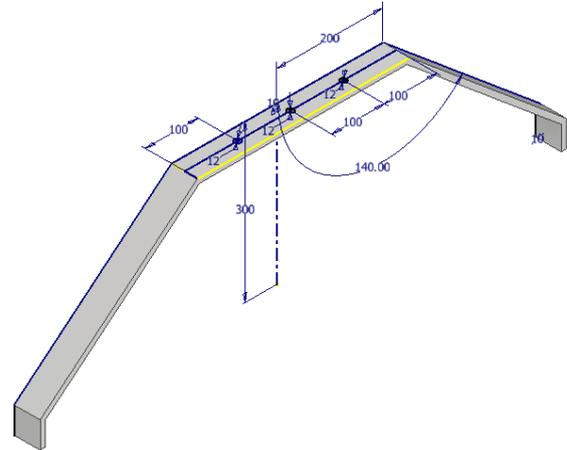
Asumsi pada saat melakukan analisis linier, yaitu [8]:

1. Sifat material komponen tetap linier setelah batas luluh. Maka, hasil diluar batas luluh tidak valid menggunakan simulasi Autodesk Inventor.
2. Defleksi komponen sangat kecil dibandingkan ukuran komponen secara keseluruhan.
3. Komponen bersifat kaku dan ulet. Misalnya, material logam (bukan karet).

4. Deformasi komponen sama dalam ketiga arah. Dengan kata lain, material bersifat isotropik.

Prosedur menjalankan simulasi tegangan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2017 ada beberapa tahapan:

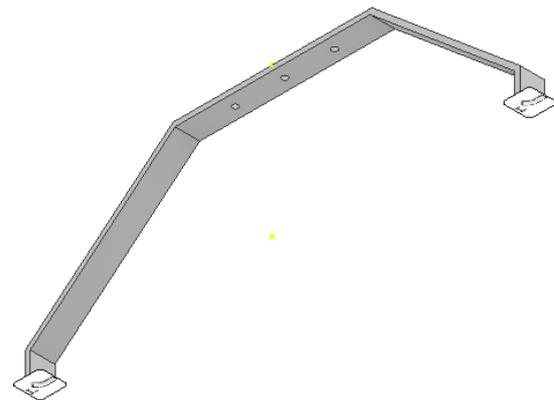
Pertama, mendesain rangka *main landing gear*. Desain meliputi bentuk dan dimensi dari rangka *main landing gear*. Dimensi rangka *main landing gear* secara detail ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain 3 dimensi *main landing gear* dengan tiga lubang baut (dalam mm)

Kedua, menentukan jenis material yang digunakan. Material yang digunakan adalah Aluminium paduan 5083.

Ketiga, menentukan batasan (*constraint*). Batasan yang digunakan adalah *fixed constraint* pada 2 (dua) ujung kaki rangka *main landing gear* (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi *fixed constraint* rangka *main landing gear*.

Keempat, menentukan besarnya beban. Beban pada rangka *main landing gear* yaitu beban impact. Beban impact merupakan fungsi dari kecepatan vertikal, sehingga persamaan momentum impulsnya adalah:

$$F \Delta t = m V_f \quad (1)$$

Dimana:

F = beban impact

Δt = waktu impact

m = massa pesawat UAV

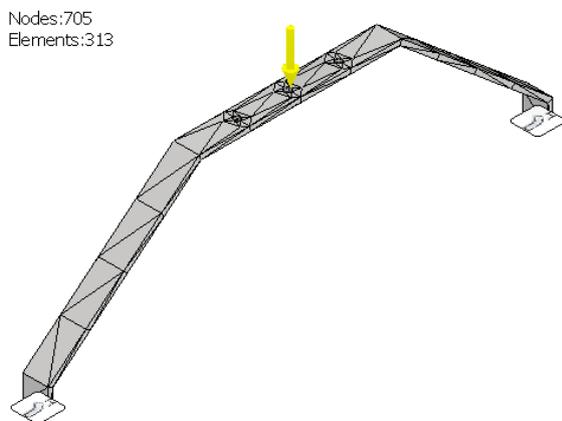
V_f = kecepatan *landing* vertikal

Dengan menggunakan asumsi bahwa kecepatan vertikal saat *landing*, massa, dan waktu impact dari UAV serta parameter analisis tegangan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017 dijabarkan secara lengkap pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Asumsi dan parameter analisis tegangan

Tipe Simulasi	Single Point
Variabel diameter baut	11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm
Kecepatan <i>landing</i>	10 m/s
Massa UAV	75 kg
Waktu impact	0,5 detik
Beban impact	1.500 N
Average element size	0,1 mm
Minimum element size	0,2 mm
Safety factor	Berdasarkan <i>yield strength</i>
Jumlah node	720 (11 mm), 735 (12 mm), 692 (13 mm), 705 (14 mm)
Jumlah elemen	316 (11 mm), 327 (12 mm), 304 (13 mm), 313 (14 mm)

Kelima, menjalankan proses *meshing*. Proses *meshing* material pada simulasi ini membagi material menjadi beberapa node dan elemen yang berbeda. Perbedaan jumlah node dan elemen karena adanya perbedaan diameter lubang baut yang berdampak pada luas dan volume rangka *main landing gear* yang sedikit berbeda. Proses *meshing* rangka *main landing gear* untuk diameter baut 11 mm dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses *meshing* rangka *main landing gear* untuk diameter baut 11 mm.

Keenam, menjalankan simulasi program. Simulasi program akan menghasilkan tegangan *Von Mises*, deformasi (*displacement*), dan faktor keamanan. Simulasi program juga akan menampilkan titik-titik kritis dari desain yang telah dibuat.

3. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 2 menunjukkan sifat fisik material Aluminium paduan 5083. Material Aluminium 5083 memiliki massa jenis sebesar 2,66 gram/cm³. Hal ini berdampak pada massa total rangka *main landing gear* yang cukup ringan, yaitu hanya seberat 1,67 kg.

Tabel 2. Sifat fisik material *main landing gear*

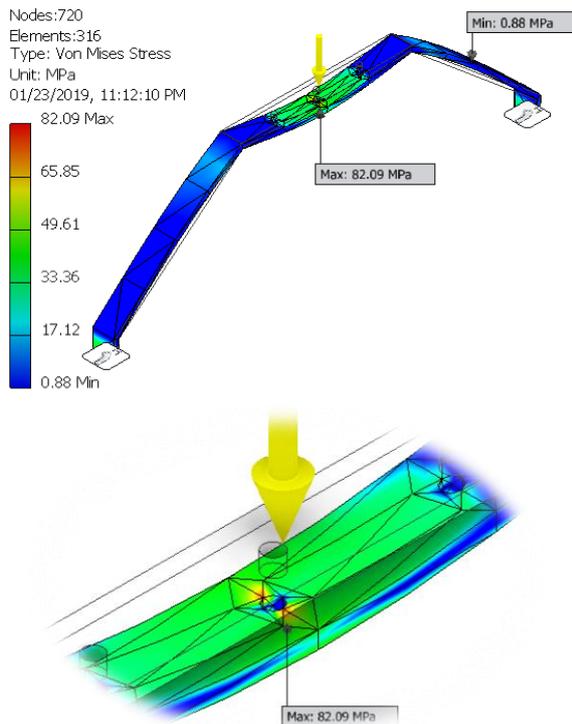
Parameter	Keterangan
Material	Aluminum 5083
Density	2,66 g/cm ³
Mass	1,67 kg
Yield Strength	285 MPa
Ultimate Tensile Strength	385 MPa
Young's Modulus	69 GPa
Poisson's Ratio	0,33 ul
Shear Modulus	25,94 GPa

Hasil simulasi menggunakan Autodesk Inventor menggunakan analisis statik linier. Analisis statik adalah disiplin teknik yang menentukan tegangan pada material dan struktur yang mengalami gaya atau beban statis maupun dinamis[12]. Analisis statik menggunakan metode elemen hingga dan bertujuan untuk menentukan struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan [11]. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh material dalam menahan beban. Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan (*safety factor*) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah analisis [8].

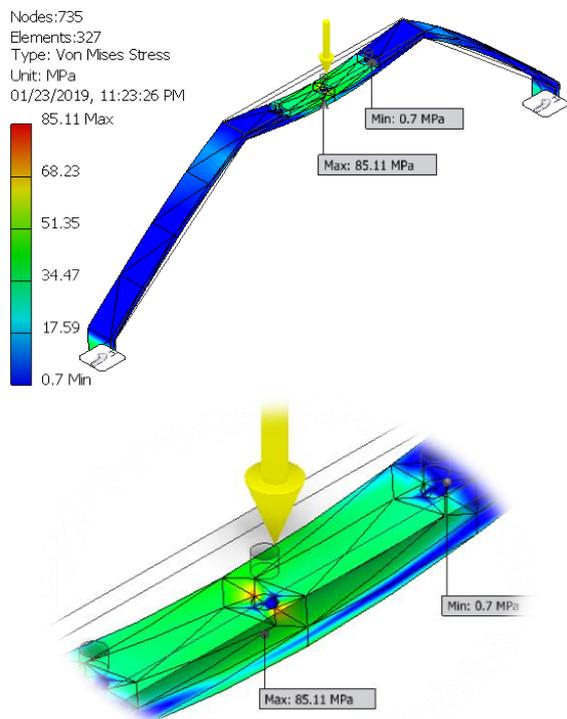
Tegangan *Von Mises* menjadi faktor penentu apakah desain material tersebut aman atau justru akan mengalami kegagalan. Material dikatakan mulai luluh atau terjadi deformasi plastis saat tegangan *Von Mises* mencapai nilai kritis yang disebut sebagai kekuatan luluh (*yield strength*). Kekuatan luluh adalah tegangan minimum saat material mulai kehilangan sifat elastisnya, yaitu sifat material untuk kembali ke bentuk semula saat beban atau gaya dihilangkan.

Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 menunjukkan tegangan *Von Mises* rangka *main landing gear* terhadap variasi diameter baut. Nilai tegangan *Von Mises* rangka *main landing gear* dengan diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut sebesar 82,092 MPa, 85,113 MPa, 85,141 MPa, dan 85,340 MPa. Tegangan *Von Mises* masih di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium paduan 5083, yaitu sebesar 285 MPa. Tegangan *Von Mises* maksimum terletak pada

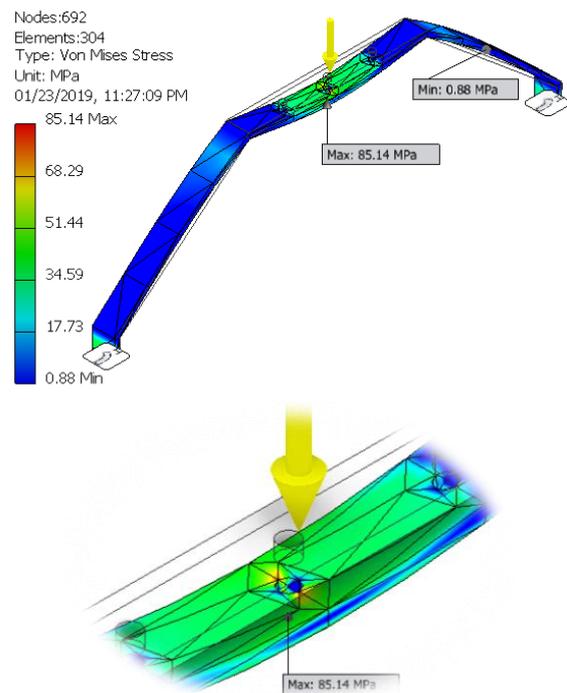
baut bagian tengah yang mengindikasikan titik paling kritis dari rangka *main landing gear*.



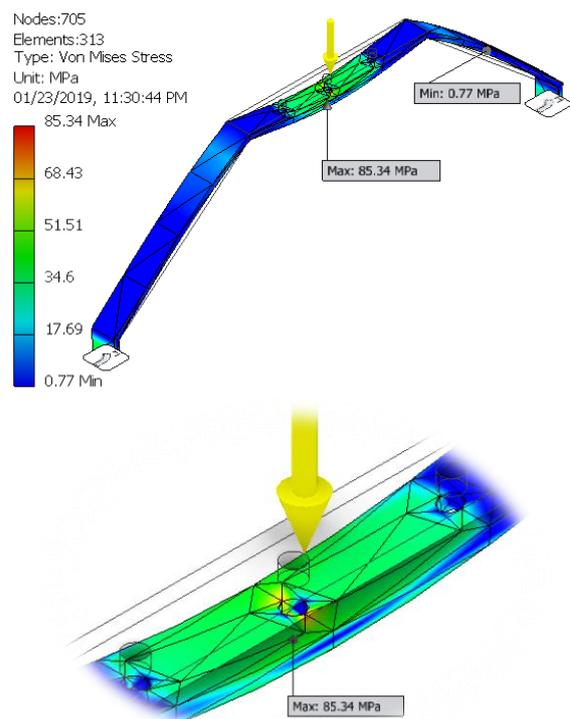
Gambar 4. Tegangan *Von Mises* saat menggunakan diameter baut 11 mm.



Gambar 5. Tegangan *Von Mises* saat menggunakan diameter baut 12 mm.



Gambar 6. Tegangan *Von Mises* saat menggunakan diameter baut 13 mm.

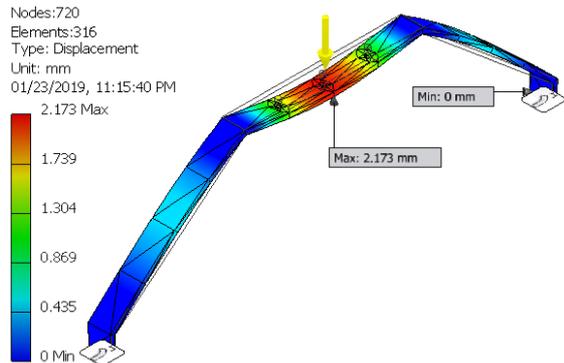


Gambar 7. Tegangan *Von Mises* saat menggunakan diameter baut 14 mm.

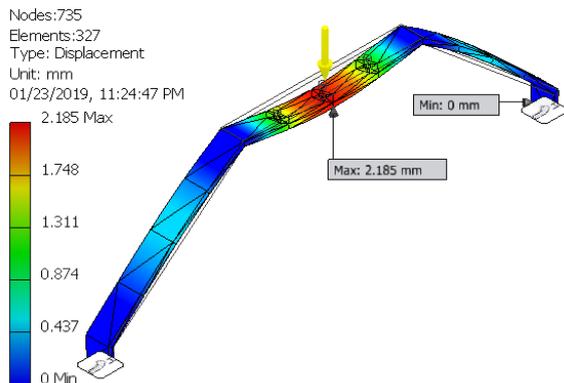
Deformasi merupakan salah satu indikator penting untuk menentukan apakah material yang kita gunakan cukup aman untuk menahan beban yang kita inginkan. Deformasi terjadi sebagai akibat material menerima gaya atau beban. Sekecil apapun beban yang bekerja, material akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Semakin rendah nilai deformasi,

maka semakin kuat suatu material.

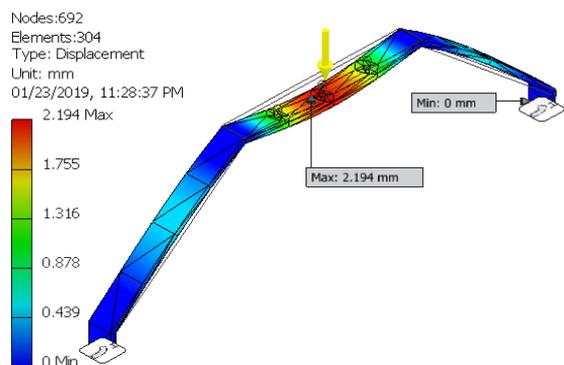
Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 menunjukkan nilai deformasi rangka *main landing gear* terhadap variasi diameter baut. Nilai deformasi (*displacement*) rangka *main landing gear* dengan diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut sebesar 2,173 mm, 2,185 mm, 2,194 mm, dan 2,204 mm. Deformasi maksimum terletak pada lubang baut bagian tengah. Hal ini dikarenakan tegangan *Von Mises* maksimum terletak pada baut bagian tengah tersebut.



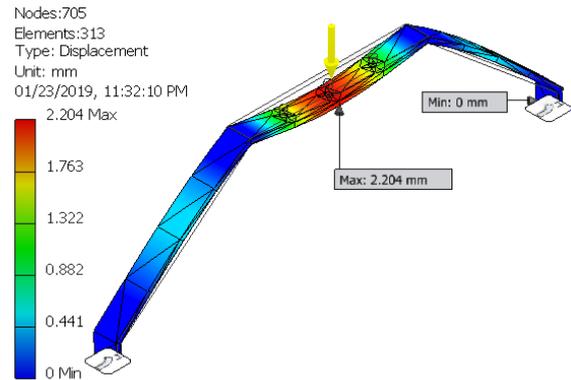
Gambar 8. Deformasi saat menggunakan diameter baut 11 mm.



Gambar 9. Deformasi saat menggunakan diameter baut 12 mm.



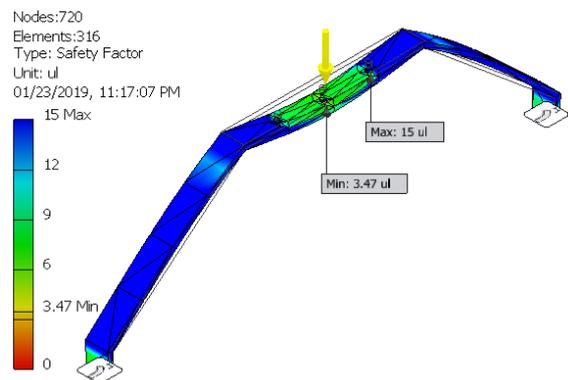
Gambar 10. Deformasi saat menggunakan diameter baut 13 mm.



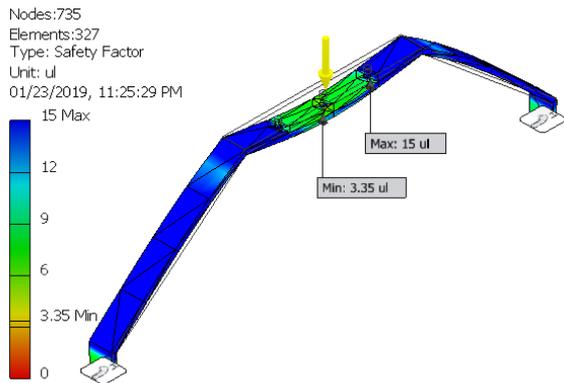
Gambar 11. Deformasi saat menggunakan diameter baut 14 mm.

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan indikator untuk memastikan apakah konstruksi yang dirancang cukup aman atau tidak untuk menahan beban. Faktor keamanan merupakan perbandingan antara tegangan ijin material dengan tegangan yang terjadi. Semakin tinggi nilai *safety factor*, maka semakin aman suatu konstruksi. *Safety factor* minimal suatu material dikatakan aman adalah 1 (satu).

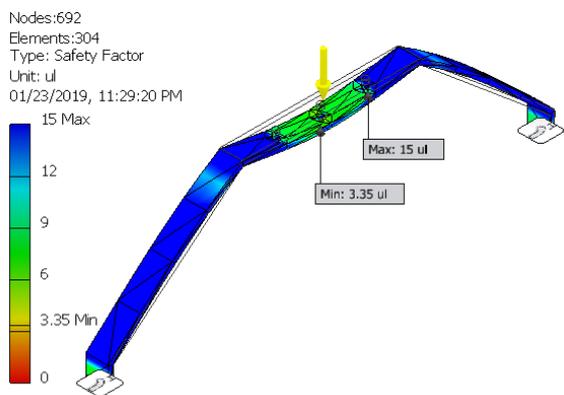
Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15 menunjukkan nilai faktor keamanan rangka *main landing gear* terhadap variasi diameter baut. Nilai faktor keamanan (*safety factor*) minimum rangka *main landing gear* dengan diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut sebesar 3,472, 3,349, 3,347 dan 3,340. Nilai faktor keamanan terkecil terletak pada lubang baut bagian tengah yang menunjukkan titik paling kritis dari rangka *main landing gear*.



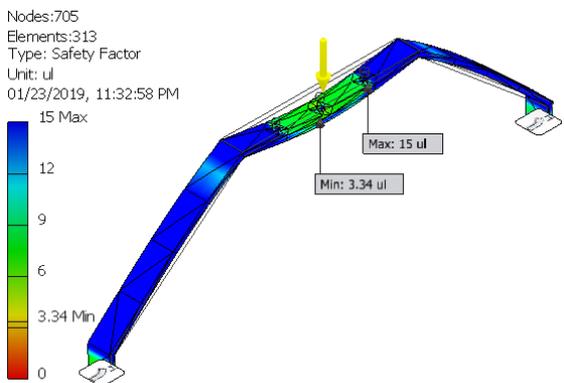
Gambar 12. Faktor keamanan saat menggunakan diameter baut 11 mm.



Gambar 13. Faktor keamanan saat menggunakan diameter baut 12 mm.



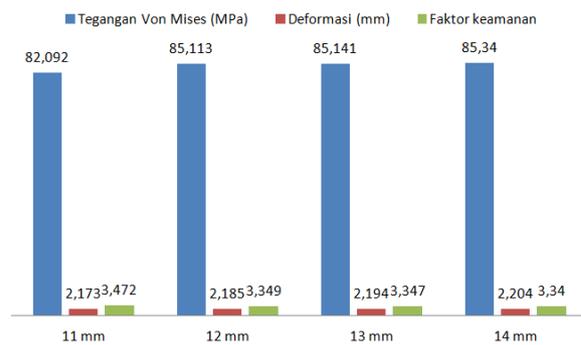
Gambar 14. Faktor keamanan saat menggunakan diameter baut 13 mm.



Gambar 15. Faktor keamanan saat menggunakan diameter baut 14 mm.

Hasil simulasi elemen hingga pengaruh diameter baut terhadap kekuatan rangka *main landing gear* secara lengkap dapat dilihat pada Grafik 1. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa diameter baut terbaik adalah berukuran 11 mm.

Hasil simulasi elemen hingga dengan variasi diameter baut



Gambar 16. Hasil simulasi elemen hingga dengan variasi diameter baut.

4. Kesimpulan

Desain rangka *main landing gear* menggunakan material Aluminium 5083 memiliki massa yang cukup ringan, yaitu sebesar 1,67 kg. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *Von Mises* untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 82,092 MPa, 85,113 MPa, 85,141 MPa, dan 85,340 MPa. Nilai deformasi untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 2,173 mm, 2,185 mm, 2,194 mm, dan 2,204 mm. Nilai faktor keamanan untuk diameter baut 11 mm, 12 mm, 13 mm, dan 14 mm berturut-turut yaitu 3,472, 3,349, 3,347, dan 3,340. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa diameter baut terbaik adalah berukuran 11 mm.

Daftar Pustaka

- [1] J. Parmar and V. Acharya, "Selection and Analysis of the Landing Gear for Unmanned Aerial Vehicle for Sae Aero Design Series," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 10–18, 2015.
- [2] R. R. Kumar, P. K. Dash, and S. R. Basavaraddi, "Design And Analysis of Main Landing Gear Structure of A Transport Aircraft and Fatigue Life Estimation," *Int. J. Mech. Prod. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 22–26, 2013.
- [3] Al-banaa, M. S. . Ali, and R. Pires, "Stress Analysis on Main Landing Gear for Small Aircraft," *Al-Rafidain Eng.*, vol. 22, no. 1, pp. 26–33, 2014.
- [4] A. Dutta, "Design and Analysis of Nose Landing Gear," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 10, pp. 261–266, 2016.
- [5] J. A. Prakash, P. Joshua, and D. Santosh, "Design and Analysis of Aircraft Landing Gear Axle," *Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 1550–1555, 2018.
- [6] S. Swarnakiran and S. Rohith, "Numerical Analysis of Nose Landing Gear System," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 1978–1984, 2018.

- [7] P. S. S. R. Kumar *et al.*, “Mechanical properties of AA5083 in different tempers at low temperatures Mechanical properties of AA5083 in different tempers at low temperatures.”
- [8] L. A. N. Wibawa, *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [9] L. A. N. Wibawa and D. A. Himawanto, “Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (Rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Simetris*, vol. 9, no. 2, pp. 803–808, 2018.
- [10] L. A. N. Wibawa, *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [11] L. A. N. Wibawa, “Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Tempat Sampah di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Turbul. J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 64–68, 2019.
- [12] W. Younis, *Up and running with Autodesk Inventor Simulation 2011: a step-by-step guide to engineering design solutions*. Elsevier, 2010.