

## Analisis Frekuensi Natural Rangka *Main Landing Gear* Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench

Lasinta Ari Nendra Wibawa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Garut, Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains dan Teknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

E-mail: <sup>1)</sup>lasi001@brin.go.id,

### Abstrak

Roda pendaratan utama merupakan komponen pesawat UAV yang berfungsi untuk menahan beban pesawat saat mendarat, parkir, dan lepas landas. Makalah ini bertujuan melakukan analisis frekuensi natural *main landing gear* dan mengetahui bentuk mode normalnya. Analisis ini penting agar tidak terjadi resonansi yang mengakibatkan kerusakan pada komponen *main landing gear*. *Main landing gear* menggunakan material Aluminium 6061 dan analisis dilakukan menggunakan simulasi numerik dengan bantuan Ansys Workbench. Hasil analisis menunjukkan frekuensi natural *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 76,04 Hz, 85,07 Hz, 167,82 Hz, 201,92 Hz, 288,39 Hz, dan 327,00 Hz. Deformasi maksimum *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 33,73 mm, 35,35 mm, 48,16 mm, 44,62 mm, 38,14 mm, dan 41,51 mm.

**Kata Kunci:** analisis modal; *ansys workbench*; frekuensi natural; *main landing gear* UAV; metode elemen hingga.

### Abstract

*The main landing gear is a component of the UAV aircraft that functions to support the weight of the aircraft when landing, taxi, and taking off. This paper aims to analyze the natural frequency of the main landing gear and determine its normal mode shape. This analysis is important so that no resonance causes damage to the main landing gear components. The main landing gear uses Aluminum 6061 material and the analysis is carried out using numerical simulations with the help of Ansys Workbench. The analysis showed that the natural main landing gear frequencies for mode 1 to mode 6 were 76.04 Hz, 85.07 Hz, 167.82 Hz, 201.92 Hz, 288.39 Hz, and 327.00 Hz, respectively. The maximum deformation of the main landing gear for mode 1 to mode 6 is 33.73 mm, 35.35 mm, 48.16 mm, 44.62 mm, 38.14 mm, and 41.51 mm, respectively.*

**Keywords:** modal analysis; *ansys workbench*; natural frequency; *main landing gear* UAV; finite element method.

## 1. PENDAHULUAN

Setiap pesawat UAV memiliki getaran yang khas sebagai konsekuensi dari distribusi massa dan kekakuan struktur yang menghasilkan mode getaran pada frekuensi tertentu. Frekuensi ini disebut sebagai frekuensi natural. Frekuensi natural (*natural frequency*) atau dikenal juga dengan frekuensi eigen (*eigen frequency*) merupakan frekuensi osilasi yang cenderung dimiliki suatu sistem ketika sistem dibiarkan bergetar tanpa adanya gaya penggerak atau redaman (*damping*). Pola gerak suatu sistem yang berosilasi pada frekuensi natural disebut mode normal jika semua bagian sistem bergerak secara sinusoidal dengan frekuensi yang sama. Jika sistem osilasi digerakkan oleh kekuatan eksternal pada frekuensi di mana amplitudo gerakannya paling besar dan dekat dengan frekuensi alami sistem, frekuensi ini disebut frekuensi resonansi.

Frekuensi natural perlu diperhitungkan untuk menghindari terjadinya resonansi. Resonansi terjadi karena frekuensi natural struktur atau komponen sama dengan frekuensi natural peralatan. Resonansi dapat mengakibatkan kegagalan suatu struktur. Faktor yang mempengaruhi frekuensi natural yaitu massa dan kekakuan (*stiffness*) struktur. Secara sederhana, untuk memperkecil frekuensi natural dapat dilakukan dengan meminimalkan massa atau memperkuat kekakuan struktur tersebut.

Roda pendaratan utama (*main landing gear*) merupakan komponen pesawat UAV yang berfungsi untuk menahan beban pesawat saat mendarat, parkir, dan lepas landas. Hal ini yang membuat peran komponen *main landing gear* menjadi sangat krusial. Analisis statik dan dinamik perlu diperhitungkan dalam mendesain rangka *main landing gear*. Analisis statik telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan berbagai variabel untuk mendapatkan material yang sesuai [1], kecepatan landing maksimum [2], pengaruh lubang baut [3, 4], hingga prediksi umur fatik (*fatigue life*) [5]. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dinamik khususnya analisis terhadap frekuensi natural dan mode normal pada komponen rangka *main landing gear* menggunakan simulasi numerik.

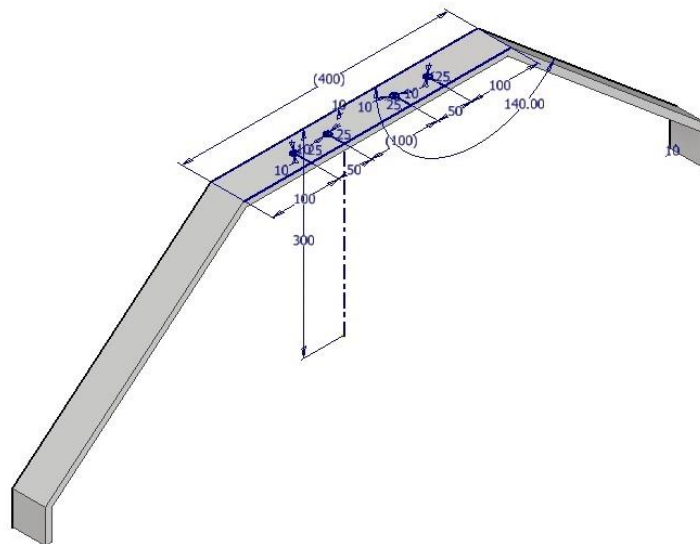
Analisis modal (*modal analysis*) merupakan metode yang penting untuk mengetahui nilai frekuensi natural sekaligus bentuk mode normal (*normal mode shapes*) dari suatu komponen atau struktur. Analisis modal merupakan jenis analisis

dinamis fundamental yang digunakan untuk membantu menentukan karakteristik dari getaran suatu struktur atau komponen. Bentuk mode dan frekuensi natural merupakan parameter penting yang harus diperhitungkan saat mendesain komponen untuk kondisi pembebanan dinamis.

Analisis modal dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench. Ansys Workbench merupakan salah satu perangkat lunak yang cukup sering digunakan untuk analisis modal komponen *main landing gear*. Proses simulasi ini memainkan peran penting dalam memahami perilaku dinamis suatu struktur. Melalui pemodelan, karakteristik dinamis dari suatu struktur dapat diketahui dan ditingkatkan sebelum digunakan secara aktual.

## 2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan dimensi rangka roda pendaratan utama. Desain rangka roda pendaratan utama merupakan optimasi dari desain pada penelitian sebelumnya.



Gambar 1. Dimensi rangka *main landing gear* [4].

Analisis dilakukan menggunakan simulasi numerik dengan bantuan *software* Ansys. Ansys adalah *software* yang umum digunakan oleh para insinyur untuk melakukan simulasi struktur fisika, dinamika fluida, getaran, perpindahan panas,

dan elektromekanik. Ansys juga menjadi *software* yang cukup sering digunakan untuk simulasi tegangan dan analisis modal dari suatu struktur atau komponen [6], [7], [16]–[19], [8]–[15].

Analisis modal adalah proses menentukan karakteristik dinamis yang melekat pada suatu sistem dalam wujud faktor redaman, frekuensi alami, dan bentuk mode yang dapat digunakan untuk merumuskan model matematika untuk perilaku dinamisnya. Dinamika struktur secara fisik didekomposisi oleh frekuensi dan posisi. Hal ini jelas dibuktikan dengan solusi analitis persamaan diferensial parsial dari sistem kontinu seperti balok dan string. Analisis modal didasarkan pada fakta bahwa respons getaran dari sistem dinamik linier waktu-invarian dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari serangkaian gerakan harmonik sederhana yang disebut mode getaran alami. Konsep ini mirip dengan penggunaan kombinasi Fourier dari gelombang sinus dan kosinus untuk mewakili bentuk gelombang yang rumit.

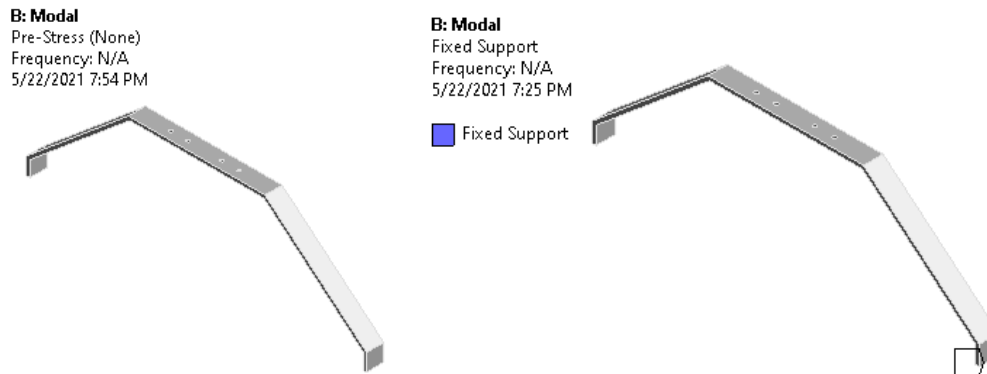
Analisis modal adalah jenis analisis dinamis fundamental yang dapat memberikan frekuensi alami di mana struktur akan beresonansi. Frekuensi alami ini sangat penting dalam berbagai bidang teknik. Hal ini diharapkan dapat menjadi acuan agar dapat memilih mesin pesawat UAV yang memiliki frekuensi yang berbeda dengan frekuensi alami dari komponen rangka *main landing gear*.

Bahan yang dipilih untuk rangka roda pendaratan utama yaitu Al 6061-T6. Aluminium 6061 adalah bahan yang memiliki sifat tahan korosi, densitas ringan, kekuatan luluh cukup tinggi, mudah dibentuk, dan memiliki sifat mampu las yang baik [20], [21]. Aluminium 6061 diasumsikan bersifat elastik linear, isotropik, dan homogen. Sifat mekanik Al 6061-T6 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat mekanik Aluminium 6061-T6.

Bahan	Al 6061-T6
Massa jenis ( $\text{g/cm}^3$ )	2,70
Kekuatan luluh (MPa)	276
Kekuatan tarik (MPa)	310
Modulus Elastisitas (GPa)	68,9
Rasio Poisson	0,33

Kondisi batas analisis modal ditunjukkan pada Gambar 2. Asumsi FEM menggunakan Ansys Workbench disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Kondisi batas simulasi menggunakan Ansys Workbench: *pre-stress* (kiri) dan lokasi *fixed support* pada kedua kaki roda pendaratan utama (kanan).

Tabel 2. Asumsi FEM menggunakan Ansys Workbench.

Parameter	Keterangan
Kondisi	<i>Pre-Stress</i>
Jumlah mode getaran	6 mode pertama
Ukuran elemen	3 mm
Jumlah node	44196
Jumlah elemen	23078

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

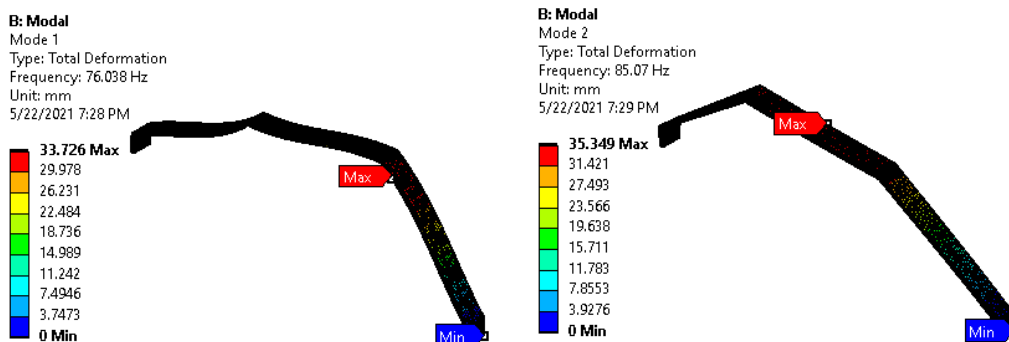
Analisis modal adalah bidang pengukuran dan analisis respons dinamis dari struktur. Analisis modal adalah cara komputasi yang efisien untuk menganalisis sistem dinamis melalui karakteristik nilai eigen dan vektor eigen. Analisis modal dapat dihitung menggunakan simulasi numerik dengan bantuan Ansys. Simulasi numerik ini dilakukan untuk mengetahui bentuk mode dan frekuensi natural dari roda pendaratan utama pesawat UAV.

Hasil analisis modal menggunakan Ansys Workbench untuk mode pertama hingga mode keenam disajikan pada Tabel 3. Mode getar pertama hingga mode getar keenam diilustrasikan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Hasil

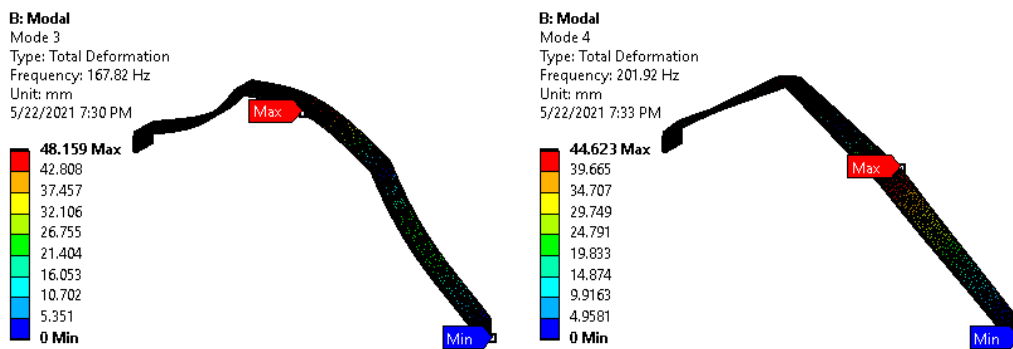
analisis memperlihatkan frekuensi natural *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 76,04 Hz, 85,07 Hz, 167,82 Hz, 201,92 Hz, 288,39 Hz, dan 327,00 Hz. Deformasi maksimum *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 33,73 mm, 35,35 mm, 48,16 mm, 44,62 mm, 38,14 mm, dan 41,51 mm. Nilai deformasi ini cukup besar sehingga harus diantisipasi agar resonansi tidak terjadi.

Tabel 3. Hasil analisis modal rangka *main landing gear* pesawat UAV.

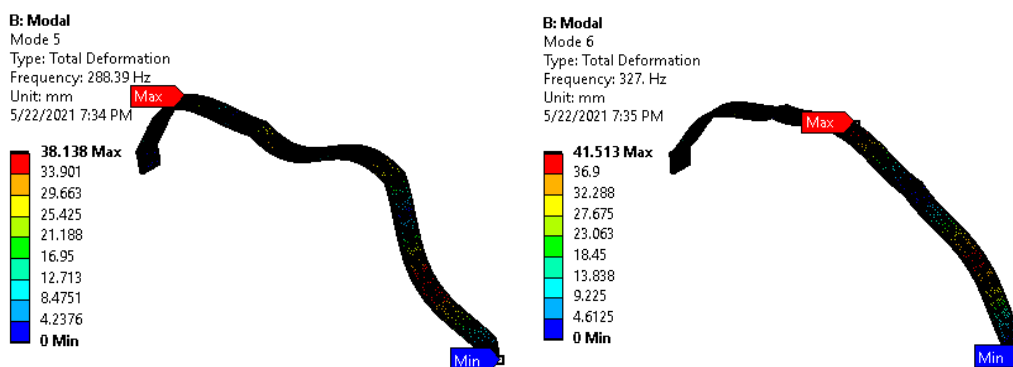
Mode	Frekuensi Natural (Hz)	Deformasi maksimum (mm)
1	76,04	33,73
2	85,07	35,35
3	167,82	48,16
4	201,92	44,62
5	288,39	38,14
6	327,00	41,51



Gambar 3. Mode getar pertama (kiri) dan kedua (kanan) dari *main landing gear* pesawat UAV.



Gambar 4. Mode getar ketiga (kiri) dan keempat (kanan) dari *main landing gear* pesawat UAV.



Gambar 5. Mode getar kelima (kiri) dan keenam (kanan) dari *main landing gear* pesawat UAV.

Hasil analisis modal sangat penting karena frekuensi resonansi atau frekuensi di mana efek getaran berada pada puncaknya telah disajikan. Hal ini dapat menjadi pertimbangan untuk memilih mesin pesawat UAV yang memiliki frekuensi berbeda dengan frekuensi pribadi *main landing gear* agar terhindar dari kegagalan. Analisis modal ini juga menyediakan titik awal untuk analisis dinamis harmonik dan transien, di mana detail bentuk mode dan frekuensinya dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

#### 4. KESIMPULAN

Analisis modal komponen rangka *main landing gear* telah dilakukan menggunakan Ansys Workbench. Hasil analisis menunjukkan frekuensi natural *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 76,04 Hz,

85,07 Hz, 167,82 Hz, 201,92 Hz, 288,39 Hz, dan 327,00 Hz. Deformasi maksimum *main landing gear* untuk mode 1 hingga mode 6 berturut-turut adalah 33,73 mm, 35,35 mm, 48,16 mm, 44,62 mm, 38,14 mm, dan 41,51 mm.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Pemilihan Material Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV," *J. Technol. Implement. Bussines*, vol. 2, no. 1, pp. 48–52, 2019.
- [2] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Kecepatan Landing Vertikal Terhadap Ketahanan Beban Impak Rangka Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 35–42, 2019.
- [3] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 26–32, 2019.
- [4] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Susunan dan Jumlah Lubang Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 5, no. 1, pp. 46–50, 2019.
- [5] L. A. N. Wibawa, "Simulasi Umur Fatik Rangka Main Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 120–126, 2020.
- [6] Q. M. Fan, "Modal analysis of a truck transmission based on ANSYS," *Proc. - 4th Int. Conf. Inf. Comput. ICIC 2011*, pp. 358–360, 2011.
- [7] F. Klimenda and J. Soukup, "Modal Analysis of Thin Aluminium Plate," *Procedia Eng.*, vol. 177, pp. 11–16, 2017.
- [8] M. A. B. Marzuki, M. H. A. Halim, and A. R. N. Mohamed, "Determination of natural frequencies through modal and harmonic analysis of space frame race car chassis based on ANSYS," *Am. J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 8, no. 4, pp. 538–548, 2015.
- [9] A. Israr, "Vibration and modal analysis of low earth orbit satellite," *Shock Vib.*, vol. 2014, 2014.
- [10] S. Balaguru, E. Natarajan, S. Ramesh, and B. Muthuvijayan, "Structural and modal analysis of scooter frame for design improvement," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 1106–1116, 2019.
- [11] S. Sahu and B. B. Choudhury, *Stress and Modal Analysis of Six-Axis Articulated Robot Using ANSYS*, vol. 40. Springer Singapore, 2019.
- [12] R. Fernandes, S. El-Borgi, K. Ahmed, M. I. Friswell, and N. Jamia, "Static fracture and modal analysis simulation of a gas turbine compressor blade and bladed disk system," *Adv. Model. Simul. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [13] J. K. Sharma and S. K. Parashar, "Experimental modal analysis using laser vibrometer and finite element modeling of milling machine arbor," *SN Appl. Sci.*,



vol. 1, no. 6, pp. 1–10, 2019.

- [14] S. K. Sharma, Jai Kumar; Parashar, “Experimental Investigation Using Laser Vibrometer and Finite Element Modeling for Modal Analysis of Camshaft,” in *Engineering Vibration, Communication and Information Processing, Lecture Notes in Electrical Engineering 478*, vol. 478, Springer Singapore, 2019, pp. 121–129.
- [15] P. P. Kumar, Ashwani Kumar; Mamgain, Deepak Prasad; Jaiswal, Himanshu; Patil, “Modal Analysis of Hand-Arm Vibration (Humerus Bone) for Biodynamic Response Using Varying Boundary Conditions Based on FEA,” in *Intelligent Computing, Communication and Devices, Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 308, 2015, pp. 169–176.
- [16] S. S. B. Chinka, B. Adavi, and S. R. Putti, “Effect of Crack Location and Crack Depth on Natural Frequencies of Fixed Beam Using Experimental Modal Analysis,” *Recent Adv. Mater. Sci. Lect. Notes Multidiscip. Ind. Eng.*, pp. 93–103, 2019.
- [17] J. B. Ooi, X. Wang, C. S. Tan, J. H. Ho, and Y. P. Lim, “Modal and stress analysis of gear train design in portal axle using finite element modeling and simulation,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 2, pp. 575–589, 2012.
- [18] C. Bhowmik and P. Chakraborti, “Analytical and Experimental Modal Analysis of Electrical Transmission Tower to Study the Dynamic Characteristics and Behaviors,” *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 24, no. 3, pp. 931–942, 2020.
- [19] S. S. Harak, S. C. Sharma, and S. P. Harsha, “Modal analysis of prestressed draft pad of freight wagons using finite element method,” *J. Mod. Transp.*, vol. 23, no. 1, pp. 43–49, 2015.
- [20] L. A. N. Wibawa, “Desain dan Analisis Tegangan Alat Pengangkat Roket Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 02, no. 01, pp. 23–26, 2019.
- [21] L. A. N. Wibawa, “Desain dan Analisis Tegangan Crane Hook Model Circular Section Kapasitas 5 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 27–32, 2019.