



## PEMODELAN UMUR FATIK ALAT PENGANGKAT ROKET KAPASITAS 20 TON MENGUNAKAN ANSYS WORKBENCH

Lasinta Ari Nendra Wibawa<sup>1,2\*)</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Pascasarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Indonesia

<sup>\*)</sup>Email: [lasinta.ari@lapan.go.id](mailto:lasinta.ari@lapan.go.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Submitted:  
29/11/2019

Revised:  
11/01/2020

Accepted:  
24/01/2020

Online-Published:  
31/01/2020

### ABSTRAK

Alat pengangkat roket adalah alat yang dirancang untuk memudahkan proses perakitan roket. Alat tersebut dipasang pada sebuah crane dan dilengkapi dua webbing sling yang diletakkan pada bagian bawah. Penelitian ini mengkaji tentang prediksi umur fatik alat pengangkat roket menggunakan metode elemen hingga. Desain alat pengangkat roket menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017, sedangkan analisis elemen hingga menggunakan Ansys Workbench. Alat pengangkat roket dikenakan beban 20 ton dengan jenis pembebanan fully-reserved. Prediksi umur fatik menggunakan teori tegangan rata-rata Gerber. Material alat pengangkat roket adalah Aluminium paduan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa alat pengangkat roket memiliki umur fatik minimum hingga  $4,17 \times 10^7$  siklus dengan faktor keamanan minimum 1,14.

**Kata kunci:** aluminium paduan, ansys, alat pengangkat roket, metode elemen hingga, prediksi umur fatik

### ABSTRACT

A rocket lifting device is a tool designed to facilitate the rocket assembly process. The device is mounted on a crane and is equipped with two webbing slings placed at the bottom. The study examines the fatigue life prediction of rocket lifting device using the finite element method. The design of rocket lifting device using Autodesk Inventor Professional 2017, while finite element analysis using Ansys Workbench. It is subjected to a 20-ton load with a fully-reserved type of loading. The fatigue life prediction using the Gerber mean stress theory. The material for the rocket lifting device is Aluminum alloy. The simulation results show that the rocket lifting device has a minimum fatigue life of up to  $4.17 \times 10^7$  cycles with a minimum safety factor of 1.14.

**Keywords:** aluminum alloy, ansys, rocket lifting device, finite element method, fatigue life prediction

© 2019 The Authors. Published by  
Turbulen: Jurnal Teknik Mesin

doi:<http://dx.doi.org/10.36767/2Fturbulen.v2i2.540>

## 1. PENDAHULUAN

Lokasi LAPAN Garut yang berada di pesisir Pantai Cilauteureun membuat lingkungan kantor sangat tinggi dengan bahaya korosi (Wibawa, 2019d). Komponen yang terbuat dari material logam seperti besi dan baja adalah material yang paling dominan terkena dampaknya (Wibawa, 2019a). Hal ini karena besi dan baja merupakan material yang sangat mudah terkorosi meskipun hanya di lingkungan atmosfer (Wibawa, 2013).

Crane merupakan salah satu alat berat dalam suatu industri (Wibawa, 2019g). Crane digunakan untuk mengangkat beban berat dan memindahkannya dari satu tempat ke tempat yang lain (Patel & Patel, 2015). Crane kebanyakan digunakan dalam industri alat berat seperti industri transportasi, konstruksi, dan industri manufaktur (Khan, *et al.*, 2017). Penggunaan Crane di LAPAN Garut adalah untuk merakit komponen roket.

Sling yang digunakan di berbagai crane ada beberapa jenis, yaitu *wire rope sling*, *chain sling*, dan *webbing sling*. *Webbing sling* adalah alat bantu angkat yang

terbuat dari anyaman (*webbing*) yang biasanya terbuat dari poliester, polipropelena, nilon, dan Kevlar (Wibawa, 2019e). Permasalahan utama pada penggunaan *webbing sling* yaitu terjadinya *slip* saat mengangkat benda yang berbentuk panjang melingkar seperti pipa atau tabung (Wibawa, 2019e). Hal ini terjadi karena sulitnya mencari titik keseimbangan dari benda yang diangkat. Maka, alat bantu pengangkat roket sangat diperlukan untuk memudahkan pekerjaan tersebut.

Konstruksi alat pengangkat roket dapat mengalami kegagalan karena berbagai faktor. Deformasi plastis karena beban berlebihan, kurangnya perawatan, korosi, dan fatik adalah beberapa penyebab kegagalan alat pengangkat roket (Wibawa, n.d.-a). Fatik merupakan penyebab terbanyak kegagalan suatu komponen atau struktur.

Penelitian ini bertujuan melakukan investigasi untuk mengetahui umur fatik alat pengangkat roket kapasitas 20 Ton. Fatik atau kelelahan adalah jenis kegagalan pada komponen karena beban dinamik yang fluktuatif di bawah kekuatan luluh yang terjadi berulang-ulang dalam waktu yang lama. Sedangkan umur fatik (*fatigue life*) adalah jumlah siklus tegangan dan regangan yang fluktuatif dari sifat tertentu yang material akan pertahankan sebelum terjadi kegagalan (Wibawa, n.d.-b).

Material yang digunakan untuk alat pengangkat roket yaitu Aluminium paduan. Aluminium paduan merupakan material yang memiliki massa jenis ringan, kekuatan luluh yang cukup tinggi, dan tahan korosi (Wibawa, 2019f) (Wibawa, 2019k) (Wibawa, 2019h). Analisis umur fatik (*fatigue life*) dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *Ansys Workbench*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

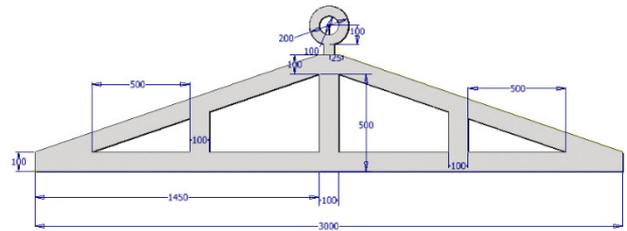
Material yang digunakan untuk alat pengangkat roket adalah Aluminium paduan. Tabel 1 menunjukkan sifat fisik material Aluminium paduan.

**Tabel 1.** Sifat fisik material alat pengangkat roket.

Parameter	Keterangan
Material	Aluminum paduan
Density	2,77 g/cm <sup>3</sup>
Yield Strength	280 MPa
Ultimate Tensile Strength	310 MPa

Gambar 1 menunjukkan dimensi alat pengangkat roket secara detail sesuai dengan penelitian sebelumnya (Wibawa, 2019e). Pembuatan desain alat pengangkat roket menggunakan perangkat lunak (*software*) Autodesk Inventor Professional 2017. Autodesk Inventor Professional adalah salah satu jenis perangkat pemodelan yang cukup banyak digunakan oleh desainer karena kemudahan dalam

proses perancangan gambar (Wibawa, 2018a). Hal ini jauh lebih praktis dan hemat waktu saat merancang desain sebelum membuatnya dalam bentuk prototipe fisik (Wibawa, 2018b). Salah satu keunggulan utama dari perangkat lunak jenis pemodelan 3D yaitu luas dan volume suatu desain dapat dihitung dengan mudah, meskipun desain yang dibuat sangat kompleks dan rumit (Wibawa, 2019b). Hal ini memudahkan dalam mengatur dan merencanakan kebutuhan material yang akan digunakan.



**Gambar 1.** Dimensi alat pengangkat roket (mm) (Wibawa, 2019e).

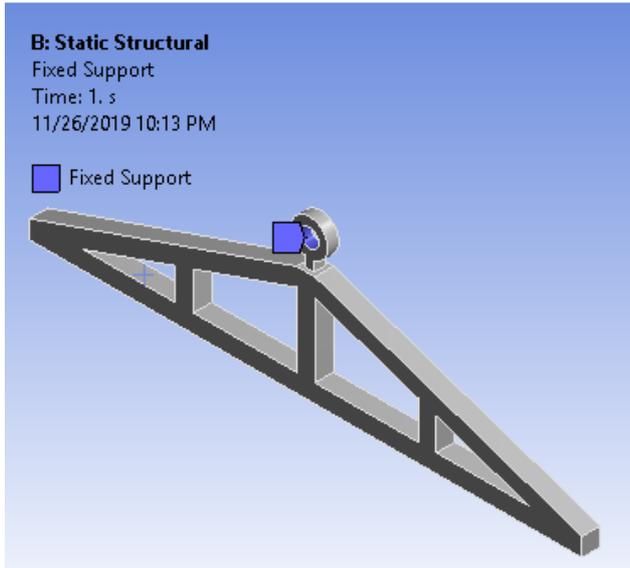
Analisis umur fatik dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *Ansys Workbench*. Metode elemen hingga adalah teknik matematika numerik untuk menghitung kekuatan struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (*mesh*) (Wibawa, 2019a) (Wibawa, 2019c), suatu elemen yang lebih kecil sehingga kalkulasi dapat diatur dan dijalankan.

Asumsi dan parameter analisis umur fatik menggunakan *Ansys Workbench* dijabarkan secara lengkap pada Tabel 1. Gambar 2 menunjukkan kondisi batas (*boundary condition*) proses simulasi dengan *fixed support* pada bagian atas alat pengangkat roket. Gambar 3 menunjukkan lokasi pembebanan pada alat pengangkat roket.

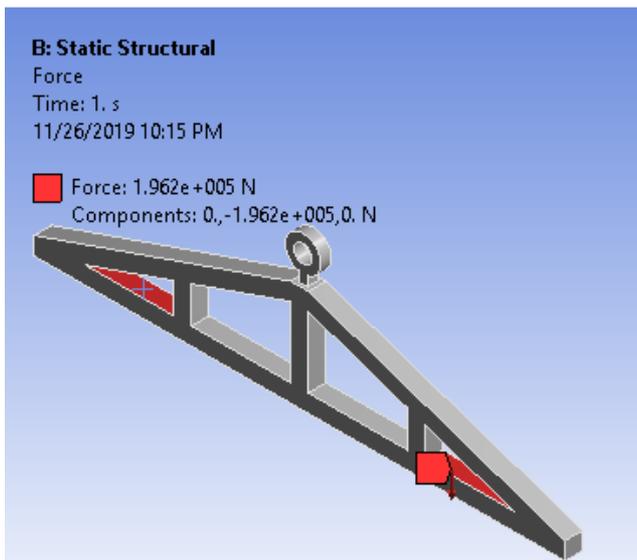
**Tabel 2.** Asumsi dan parameter analisis umur fatik (*fatigue life*)

Parameter	Keterangan
Kapasitas	20 Ton
Percepatan gravitasi	9,81 m/s <sup>2</sup>
Beban	196.200 N
Element size	15 mm
Number of nodes	31679
Number of elements	16374
Safety factor	Berdasarkan <i>yield strength</i>
Loading type	<i>Fully-reserved</i>
Analysis type	<i>Stress life</i>
Mean stress theory	<i>Gerber</i>
Stress component	<i>Equivalent (von-Mises)</i>

Design life	$10^7$ cycles
-------------	---------------



**Gambar 2.** Lokasi *fixed support* pada alat pengangkat roket.



**Gambar 3.** Lokasi pembebanan pada alat pengangkat roket.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

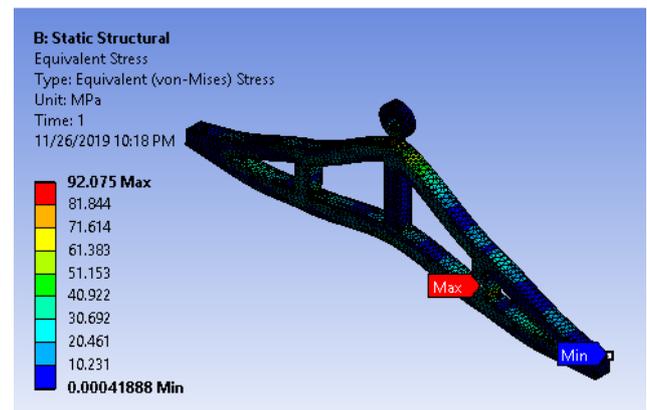
#### 3.1. Analisis statik

Pada material getas (*brittle*), teori kegagalan umumnya menggunakan teori tegangan normal maksimum dan teori Mohr-Coulomb. Teori tegangan maksimum menyatakan material getas mengalami kegagalan ketika tegangan prinsip maksimum (*maximum principal stress*) melebihi kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) material. Sedangkan teori Mohr-Coulomb memprediksi kegagalan material getas dengan membandingkan tegangan prinsip maksimum dengan kekuatan

kekuatan tarik maksimum dan tegangan prinsip minimum dengan kekuatan tekan maksimum (*ultimate compressive strength*) (Chen & Liu, 2019).

Pada material ulet seperti Aluminium paduan berlaku beban tiga dimensi. Hal ini berarti tegangan kompleks akan terjadi sehingga setiap titik di dalam benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah. Berdasarkan teori energi distorsi, kegagalan material ulet terjadi ketika tegangan von Mises maksimum melebihi kekuatan luluh material (*yield strength*). Kriteria von Mises menunjukkan bahwa material ulet mengalami luluh ketika invarian kedua tegangan deviatorik mencapai nilai kritis (Wibawa, 2019i). Teori von Mises merupakan teori plastisitas yang berlaku paling baik untuk bahan ulet, terutama untuk material logam.

Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi alat pengangkat roket terhadap beban 196.200 N. Tegangan von Mises maksimum sebesar 92,08 MPa. Tegangan von Mises maksimum masih berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium paduan, yaitu sebesar 280 MPa.

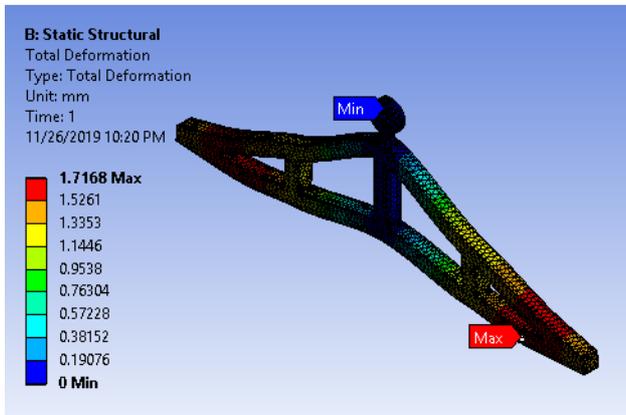


**Gambar 4.** Tegangan von Mises alat pengangkat roket.

Deformasi merupakan perubahan bentuk atau ukuran dari suatu komponen karena adanya beban atau gaya yang bekerja. Deformasi dibagi menjadi dua jenis, deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang berlangsung sementara yang ditunjukkan pada Gambar 5 dimana deformasi yang terjadi baik deformasi minimum (warna biru) maupun deformasi maksimum (warna merah) akan kembali ke bentuk semula saat beban dihilangkan. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang terjadi secara permanen, meskipun beban atau gaya dihilangkan.

Deformasi menjadi salah satu indikator untuk mengetahui kekuatan suatu material. Jika deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin kecil, maka semakin kuat suatu material. Sedangkan

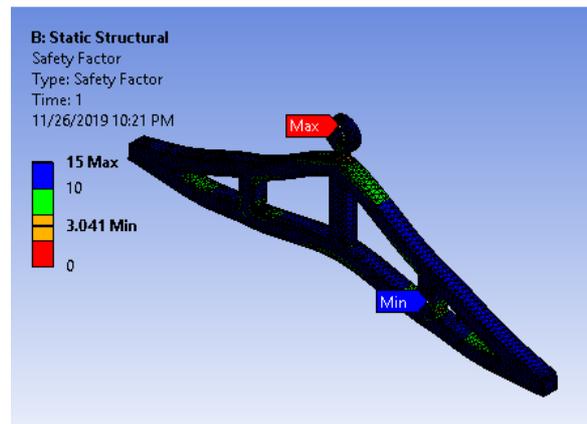
jika deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin besar, maka semakin lemah suatu material. Nilai deformasi maksimal pada alat pengangkat roket pada penelitian ini relatif kecil, yaitu 1,72 mm.



Gambar 5. Deformasi alat pengangkat roket.

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan salah satu indikator dari kekuatan material. Faktor keamanan digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum (Wibawa, 2018b). Faktor keamanan minimum menggunakan *Ansys Workbench* dihitung sebagai kekuatan luluh dari material yang dibagi dengan tegangan von Mises maksimum (Wibawa, 2019j). Nilai faktor keamanan harus lebih besar dari 1 karena jika kurang dari 1 menunjukkan kegagalan dari sebuah desain (Wibawa & Diharjo, 2019).

Hasil simulasi secara umum menunjukkan alat pengangkat roket aman untuk menahan beban 196.200 N. Hal ini karena nilai faktor keamanan minimumnya sebesar 3,04 (Gambar 6). Nilai ini melebihi standar yang dipersyaratkan untuk suatu komponen mampu menahan beban dinamis. Beban dinamis adalah beban yang dapat terjadi atau bekerja secara tiba-tiba pada sebuah struktur (Wibawa & Himawanto, 2018). Faktor keamanan yang dipersyaratkan untuk suatu struktur mampu menahan beban dinamis yaitu pada kisaran nilai 2-3 (V. Dobrovolsky, 1978). Nilai faktor keamanan minimum juga menjadi penanda lokasi paling rentan dari suatu komponen.

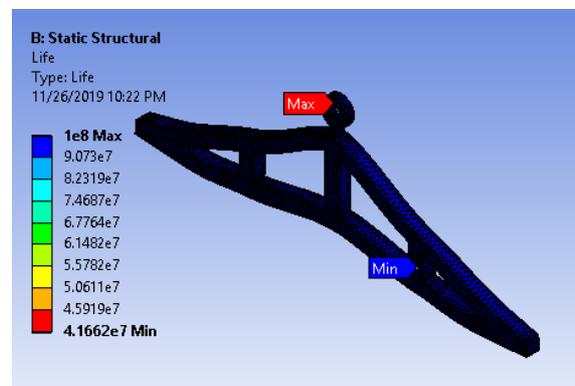


Gambar 6. Faktor keamanan alat pengangkat roket.

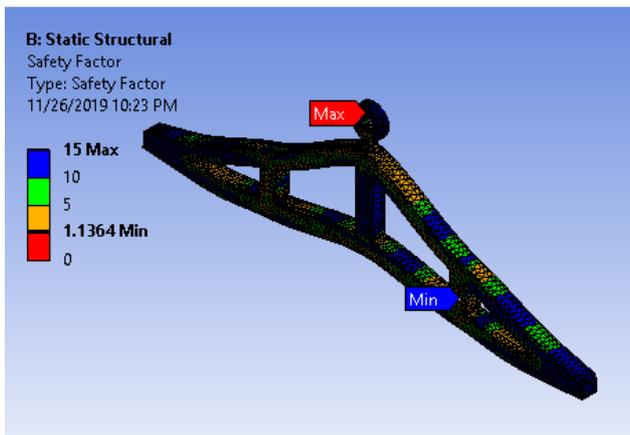
### 3.2. Analisis umur fatik (*fatigue life*)

Dalam ilmu desain, kegagalan seharusnya tidak terjadi jika tegangan yang diterima suatu komponen berada jauh di bawah kekuatan material dalam menahan beban. Namun, pada pembebanan dinamik, material dapat mengalami kegagalan meskipun tegangan von Mises maksimum kurang dari kekuatan luluh material. Kegagalan ini dapat terjadi karena material mengalami kelelahan (*fatigue*). Fatik adalah kegagalan yang terjadi akibat beban yang berulang-ulang dalam waktu yang lama. Mayoritas kegagalan ini terjadi karena fluktuasi akibat adanya tegangan tarik-tekan pada komponen. Fase terjadinya proses fatik yaitu retak awal (*initial crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan patah akhir (*final fracture*). Retak awal dapat terjadi akibat adanya cacat pada proses manufaktur (Wibawa, 2020).

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi umur fatik alat pengangkat roket. Hasil simulasi menunjukkan alat pengangkat roket memiliki umur fatik minimum hingga  $4,17 \times 10^7$  siklus. Gambar 8 menunjukkan faktor keamanan minimum prediksi umur fatik yaitu 1,14. Hal ini berarti material alat pengangkat roket mampu menahan beban hingga minimum  $4,17 \times 10^7$  siklus dengan faktor keamanan minimum yaitu 1,14.



Gambar 7. Prediksi umur fatik alat pengangkat roket.



**Gambar 8.** Faktor keamanan minimum umur fatik pada alat pengangkat roket.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan alat pengangkat roket memiliki umur fatik minimum hingga  $4,17 \times 10^7$  siklus. Hal ini berarti alat pengangkat roket mampu menahan beban hingga minimum  $4,17 \times 10^7$  siklus dengan faktor keamanan minimum yaitu 1,14.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Kekuatan Dudukan (Bracket) AC Outdoor Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 19–24, 2019.
- [3] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Pelapisan pada Proses Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Seng terhadap Ketebalan dan Laju Deposit," Universitas Sebelas Maret, 2013.
- [4] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Simulasi Elemen Hingga Gantry Crane Kapasitas 9 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 02, pp. 41–48, 2019.
- [5] N. R. Patel and N. S. Patel, "Design and Analysis of 50 Tonne Crane Hook for Optimization," vol. 3, no. 08, pp. 581–584, 2015.
- [6] E. R. Khan, V. S. Kardile, P. D. Dhakane, A. P. Gore, and B. D. Mahajan, "Design And Analysis of Crane Hook with Different Materials," *Int. J. Innov. Emerg. Res. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 227–233, 2017.
- [7] 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.
- [8] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Struktur Crane Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [9] L. A. N. Wibawa, "Simulasi Umur Fatik Rangka Main Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga."
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] L. A. N. Wibawa, *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [14] L. A. N. Wibawa, *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [15] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 45–50, 2019.
- [16] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (Workbench) Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga," *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2019.
- [17] X. Chen and Y. Liu, *Finite Element Modeling and Simulation with Ansys Workbench*, 2nd ed. Taylor & Francis Group, 2019.
- [18] 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.
- [19] 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.

- [20] L. A. N. Wibawa and K. Diharjo, “Desain, Pemilihan Material, dan Faktor Keamanan Stasiun Pengisian Gawai Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 97–102, 2019.
- [21] L. A. N. Wibawa and D. A. Himawanto, “Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 803–808, 2018.
- [22] K. Z. V. Dobrovolsky, *Machine elements: a textbook*. Moscow: Peace Publisher, 1978.
- [23] L. A. N. Wibawa, “Prediksi Umur Fatik Struktur Crane Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 18–24, 2020.