

## Analisis *Life Cycle* Struktur Main Landing Gear UAV dengan Material Aluminium Berdasarkan Variasi Kecepatan Landing

Ajie Erlangga Antariksa<sup>1,\*</sup>, Budi Aji Warsiyanto<sup>2</sup>, Syarifah Fairuza<sup>3</sup>  
Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 30 Agustus 2024  
Direvisi:  
Diterima:

#### Kata kunci:

UAV  
Roda pendaratan  
Leaf Spring  
Siklus beban  
Life cycle

#### Keywords:

UAV  
Main Landing Gear  
Leaf Spring  
cyclic load  
Life cycle

#### Penulis Korespondensi:

Ajie Erlangga Antariksa  
Email:  
[ajieerlangga13@gmail.com](mailto:ajieerlangga13@gmail.com)

### ABSTRAK

Main landing gear merupakan komponen pada UAV yang memiliki kemampuan pendukung untuk *take off* dan *landing*, beban berulang terjadi saat UAV melakukan *landing*. Beban berulang dapat menyebabkan *fatigue failure* pada main landing gear. Analisis *life cycle* bertujuan untuk mengetahui umur main landing gear berdasarkan pengaruh variasi material dan variasi kecepatan saat *landing*. Variasi material yang digunakan Al 6061 T6, Al 2024 T3, dan Al 7075 T6 dan variasi kecepatan *landing* sebesar 4 m/s; 6 m/s; 8 m/s; 10 m/s. Pada penelitian ini dilakukan analisis pembebanan dinamik dan analisis cyclic load main landing gear UAV yang dimodelkan dengan bentuk *leaf spring*. Analisis numerik menggunakan *software* berbasis elemen hingga. Pada hasil analisis pembebanan dinamik variasi kecepatan *landing*, pada kecepatan 4 m/s didapatkan nilai *max stress* 236,1 MPa dan *max displacement* 2,949 mm dan kecepatan 10 m/s didapatkan nilai *max stress* 308,8 MPa dan *max displacement* 6,482 mm. Pada hasil analisis pembebanan dinamik variasi material pada material Al 2024 T3 didapatkan nilai *max stress* 362,6 MPa dan *max displacement* 4,938 mm. Pada analisis cyclic load material Al 6061 T6 memiliki nilai *min* 659.060 cycle pada kecepatan 4 m/s dan *min* 6786,6 cycle pada kecepatan 10 m/s, material Al 2024 T3 memiliki nilai *min* 3.308.100 cycle pada kecepatan 4 m/s dan *min* 16.739 cycle pada kecepatan 10 m/s, material Al 7075 T6 memiliki nilai *min* 982.900 cycle pada kecepatan 4 m/s dan *min* 8795,9 cycle pada kecepatan 10 m/s.

Main landing gear is a component in UAVs that have support abilities to take off and landing. Repeated loads occur during UAV landings, impact of these cyclic loads can lead to fatigue failure in the main landing gear. The life cycle analysis aims to determine the lifespan of the main landing gear based on the influence of material variations and landing speed variations. The materials considered are Al 6061 T6, Al 2024 T3, and Al 7075 T6, with landing speed variations of 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, and 10 m/s. In this research, dynamic loading analysis and cyclic load analysis were performed on the UAV's main landing gear, modeled in the form of a leaf spring. Numerical analysis was conducted using finite element-based software. In the dynamic loading analysis results for landing speed variations, a speed of 4 m/s yielded a maximum stress value of 236,1 MPa and a maximum displacement of 2,949 mm, while a speed of 10 m/s resulted in a maximum stress value of 308,8 MPa and a maximum displacement of 6,482 mm. In the dynamic loading analysis with material variations, the material Al 2024 T3 exhibited a maximum stress value of 362,6 MPa and a maximum displacement of 4,938 mm. In the cyclic load analysis, Al 6061 T6 had a minimum fatigue life of 659.060 cycles at a speed of 4 m/s and 6.786,6 cycles at a speed of 10 m/s. Al 2024 T3 showed a minimum fatigue life of 3.308.100 cycles at a speed of 4 m/s and 16.739 cycles at a speed of 10 m/s. Al 7075 T6 had a minimum fatigue life of 982.900 cycles at a speed of 4 m/s and 8.795,9 cycles at a speed of 10 m/s.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

*Main landing gear* perlu diteliti untuk mengetahui bagaimana respon dinamik dari variasi material yang digunakan terhadap pembebanan dinamik dan mengetahui nilai *life cycle* struktur *main landing gear* terhadap *cyclic load*. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) atau pesawat terbang tanpa awak merupakan sebuah teknologi yang saat ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti transportasi kargo komersial, pemetaan suatu wilayah, industri militer, hingga kebutuhan pertanian[1]. Pesawat terbang tanpa awak sering juga digunakan dalam mitigasi dan juga tugas penyelamatan atau upaya mengurangi resiko dalam bencana non alam maupun bencana alam[2].

*Leaf spring* adalah jenis peredam kejut yang berguna untuk pesawat ringan, karena relatif murah dalam biaya pemeliharannya. Analisis menyeluruh desain *leaf spring* melibatkan proses *touchdown* yang berulang, meskipun prinsip dasar prosesnya tetap sama di setiap proses *touchdown*[3]. Kelelahan pada material merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pembebanan yang berulang-ulang dalam waktu yang lama. Apabila suatu logam diberi beban secara berulang (tegangan atau regangan), maka logam tersebut akan patah. Maka dari itu diperlukannya analisis kelelahan agar dapat memperkirakan umur dari sebuah material sebelum mengalami patah akibat kelelahan.

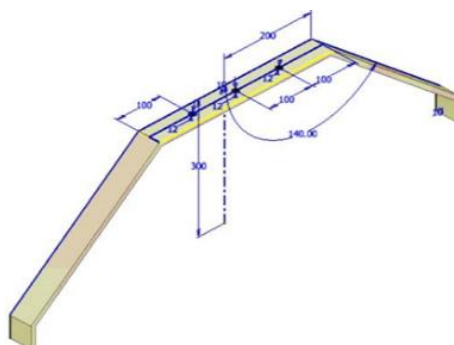
Pemanfaatan metode elemen hingga untuk mengetahui respon struktur telah banyak dilakukan untuk mengevaluasi keefektifan desain[4,5,6]. Pengujian terhadap beban impact pada bagian landing skid juga telah dilakukan dengan memvariasikan bentuk kontur untuk mengetahui respon kerusakan yang terjadi[7]. Pada penelitian ini akan dilakukan uji impact pada *landing gear* dengan memvariasikan kecepatan impact dan material *landing gear*. Hasil tegangan akan didapatkan dengan simulasi numerik, kemudian hasil tegangan tersebut digunakan sebagai nilai input untuk menganalisis *life cycle* pada landing gear dengan perangkat lunak ansys.

## II. METODE PENELITIAN

Tumbukan merupakan peristiwa tabrakan antara dua benda karena adanya gerakan, dalam tumbukan dua benda dapat bergerak dan dapat juga satu benda bergerak dan benda lainnya tidak bergerak selain itu arah gerak dua benda dapat searah dapat berlawanan arah[8]. Beban yang dikenakan pada rangka roda pendaratan utama adalah beban benturan. *Fatigue analysis* adalah suatu metode dalam teknik material dan rekayasa yang digunakan untuk memahami bagaimana material atau struktur akan merespons beban dinamis berulang dari waktu ke waktu. Ini terutama relevan dalam situasi dimana benda atau struktur akan mengalami beban berulang atau variasi beban yang terjadi secara kontinu.

Kelelahan terjadi ketika benda atau struktur mengalami kerusakan atau deformasi secara bertahap akibat beban dinamis yang berulang-ulang, meskipun beban tersebut mungkin jauh di bawah batas beban yang bisa menyebabkan kerusakan instan. Proses kelelahan ini sering kali tidak terlihat secara langsung, tetapi seiring berjalannya waktu, dapat menyebabkan retak atau kegagalan material. Uji umur kelelahan dengan amplitudo konstan disebut uji S-N, dimana amplitudo tegangan yang dapat ditoleransi ditentukan dengan menggunakan jumlah siklus yang sesuai[9].

Pemodelan *main landing gear* UAV dimodelkan dengan *leaf spring*. Analisis dilakukan menggunakan 2 software berbeda, pada analisis pembebanan dinamik pemodelan dilakukan di software Abaqus CAE dan pada analisis *life cycle* pemodelan dilakukan di software *Ansys Workbench*.



Gambar 1 Dimensi Leaf Spring



**Gambar 2** (a) Pemodelan Leaf Spring Pada Software Abaqus CAE (b) Pemodelan Leaf Spring pada Software Ansys Workbench

## II.1 Properti Material

Struktur *main landing gear* UAV menggunakan variasi material diantaranya; Aluminium 6061 T6, Aluminium 2024 T3 dan Aluminium 7075 T6. Data dari properti variasi material dipaparkan pada **Tabel 1**, **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

**Tabel 1** Sifat Mekanik Aluminium 6061 T6[10]

<i>Properties</i>	<i>Simbol</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Density</i>	$P$	2,70	$\text{g/cm}^3$
<i>Young Modulus</i>	$E$	68,9	GPa
<i>Poisson's</i>	$\nu$	0,33	-
<i>Tensile yield Strength</i>	$\sigma_y$	276	MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	$\sigma_{uts}$	310	MPa

**Tabel 2** Sifat Mekanik Aluminium 2024 T3[10]

<i>Properties</i>	<i>Simbol</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Density</i>	$P$	2,78	$\text{g/cm}^3$
<i>Young Modulus</i>	$E$	73,1	GPa
<i>Poisson's</i>	$\nu$	0,33	-
<i>Tensile yield Strength</i>	$\sigma_y$	345	MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	$\sigma_{uts}$	483	MPa

**Tabel 3** Sifat Mekanik Aluminium 7075 T6

<i>Properties</i>	<i>Simbol</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Density</i>	$P$	2,81	$\text{g/cm}^3$
<i>Young Modulus</i>	$E$	71,7	GPa
<i>Poisson's</i>	$\nu$	0,33	-
<i>Tensile yield Strength</i>	$\sigma_y$	503	MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	$\sigma_{uts}$	572	MPa

## II.2 Data Asumsi dan Parameter Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data asumsi berupa massa dari UAV yang digunakan sebagai beban pada analisis pembebanan dinamik dan analisis *cyclic load*, pada analisis juga menggunakan variasi kecepatan UAV saat mendarat. Data asumsi dan parameter penelitian dipaparkan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4** Data Asumsi dan Parameter Penelitian

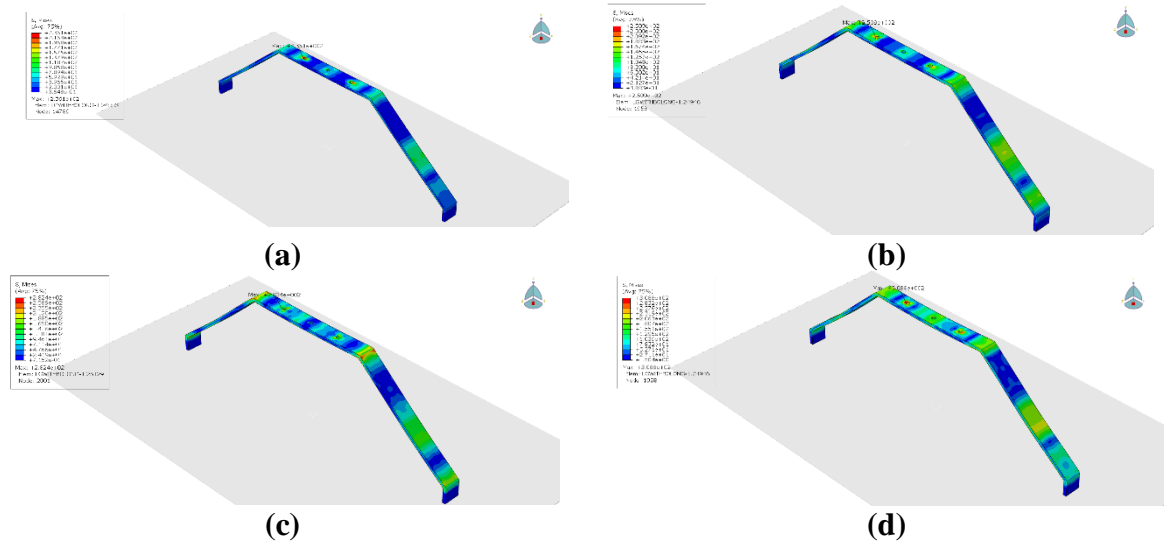
<i>Type Simulasi</i>	<i>Single Point</i>
Variabel kecepatan <i>vertical</i>	4 m/s; 6 m/s; 8 m/s; 10 m/s
Massa UAV	75 kg
Waktu <i>IMPact</i>	0,005 detik

## III. HASIL DAN DISKUSI

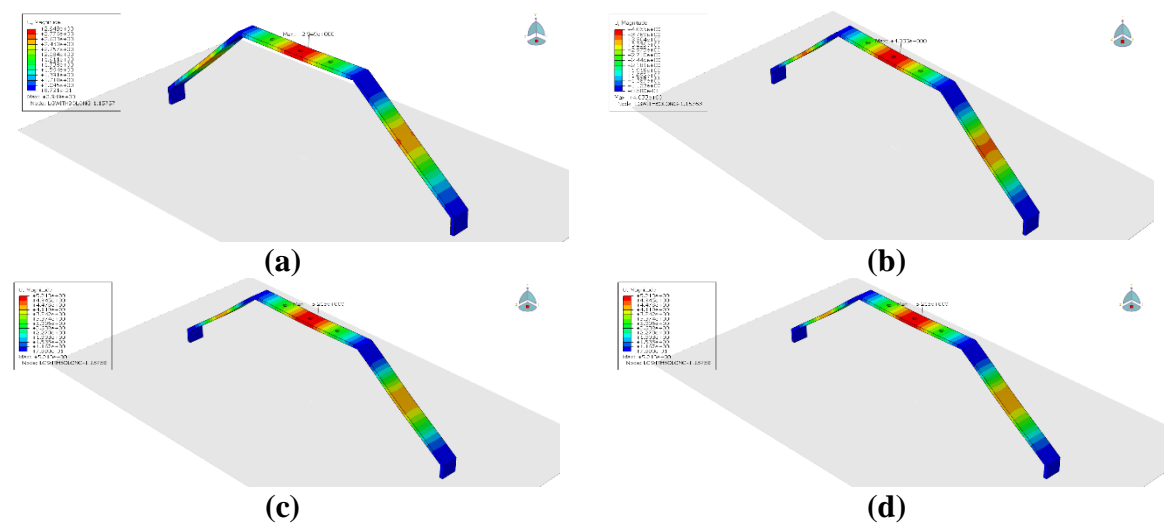
### III.1 Respon Dinamik Main Landing Gear UAV Terhadap Variasi Kecepatan Landing

Pada bagian ini, dilakukan analisis untuk mengetahui respon dinamik pada *main landing gear* UAV saat melakukan *landing* dengan variasi kecepatan. *IMPact* pada *main landing gear* UAV dengan

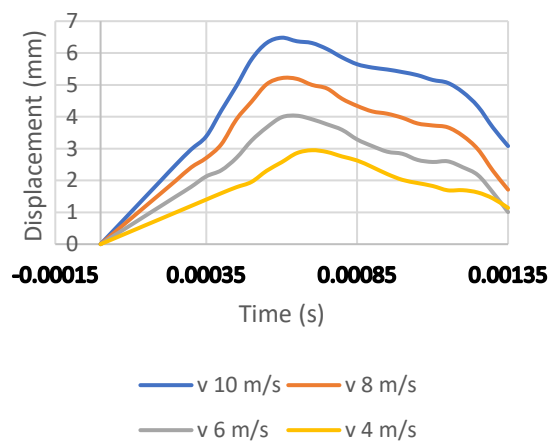
ground disimulasikan pada bagian *main landing gear* UAV dengan material aluminium 6061 T6 sebagai variabel tetap. Variasi kecepatan yang disimulasikan adalah 4 m/s; 6 m/s; 8 m/s; 10 m/s.



Gambar 4 Hasil Stress Kecepatan (a) 4 m/s (b) 6 m/s (c) 8 m/s (d) 10 m/s



Gambar 5 Hasil Displacement Kecepatan (a) 4 m/s (b) 6 m/s (c) 8 m/s (d) 10 m/s



Gambar 6 Kurva Displacement Al 6061 T6 pada Variasi Kecepatan Landing

**Gambar 5** menunjukkan hasil dari *displacement* struktur *main landing gear* menggunakan material Al 6061 T6 terhadap variasi kecepatan mendarat dan **Gambar 6** menunjukkan kurva *displacement* material Al 6061 T6 pada variasi kecepatan mendarat.

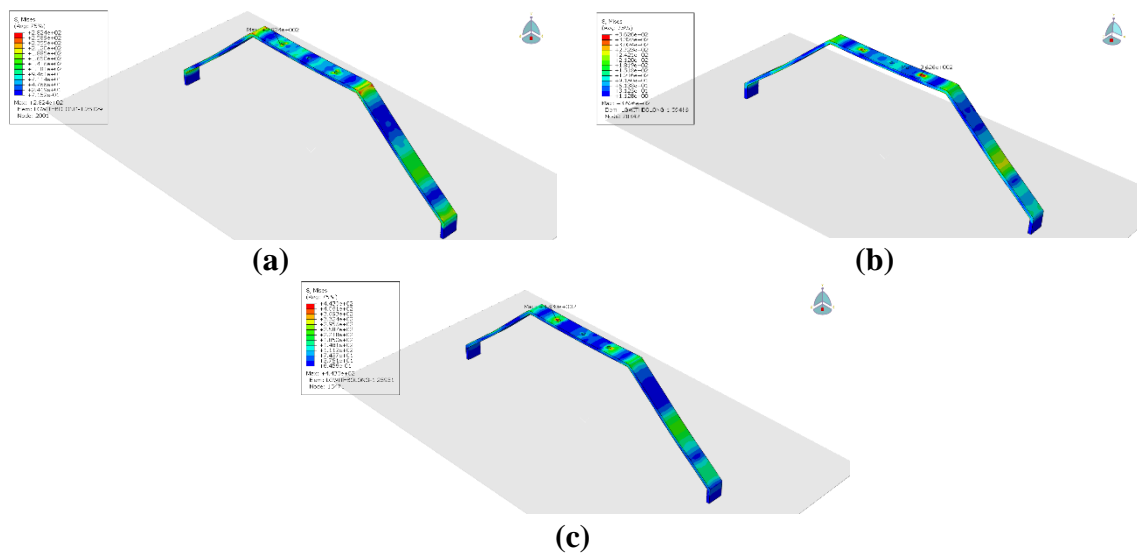
**Tabel 5** Nilai Max Stress dan Max Displacement variasi kecepatan mendarat

Material	Kecepatan landing	Max Stress (MPa)	Max Displacement (mm)
Al 6061 T6	4 m/s	236,1	2,949
Al 6061 T6	6 m/s	250,9	4,033
Al 6061 T6	8 m/s	282,4	5,213
Al 6061 T6	10 m/s	308,8	6,482

Pada **Tabel 5** didapatkan nilai *maximum stress* dan nilai *maximum displacement* pada simulasi pembebanan dinamik struktur *main landing gear* UAV menggunakan material Al 6061 T6 dengan variasi kecepatan *landing* 4 m/s; 6 m/s; 8 m/s dan 10 m/s. Nilai *maxium stress* terkecil terjadi pada kecepatan *landing* 4 m/s dengan nilai 236,1 MPa dan Nilai *maxium stress* terbesar terjadi pada kecepatan *landing* 10 m/s dengan nilai 308,8 MPa. Nilai *maximum displacement* terkecil terjadi pada *kecepatan landing* 4 m/s dengan nilai 2,949 mm dan Nilai *maximum displacement* terbesar terjadi pada kecepatan *landing* 10 m/s dengan nilai 4,033 mm. Berdasarkan nilai dari tabel diatas dapat dijelaskan jika semakin tinggi kecepatan landing maka semakin tinggi nilai *max stress* dan *max displacement*.

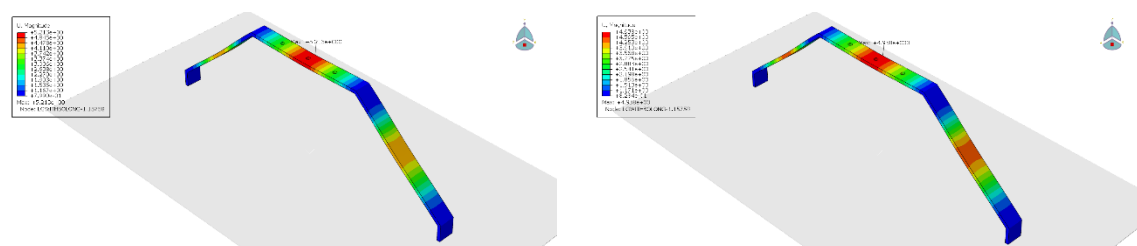
### III.2 Respon Dinamik Struktur Main Landing Gear UAV Terhadap Variasi Material

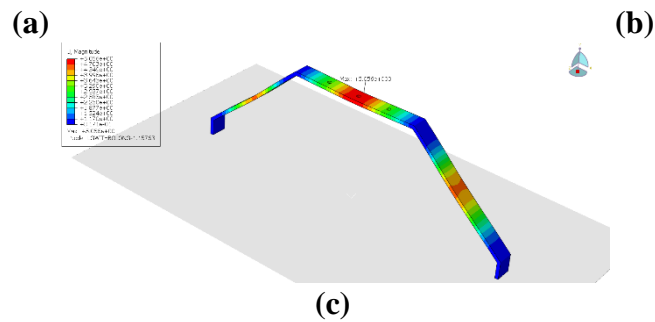
Pada bagian ini, dilakukan analisis untuk mengetahui respon dinamik pada *main landing gear* UAV saat melakukan *landing* dengan variasi material. *IMPact* pada *main landing gear* UAV dengan *ground* disimulasikan pada bagian *main landing gear* UAV dengan kecepatan *landing* 8 m/s sebagai variabel tetap. Variasi material yang disimulasikan adalah aluminium 6061 T6, aluminium 2024 T3, aluminium 7075 T6.



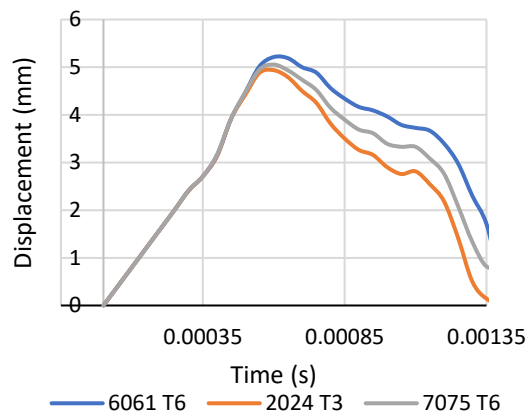
**Gambar 7** Hasil Stress Material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6

**Gambar 7** menunjukkan hasil dari stress struktur *main landing gear* menggunakan variasi material aluminium terhadap kecepatan landing 8 m/s.





**Gambar 8** Hasil Displacement Material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6



**Gambar 9** Kurva Displacement Variasi material pada Kecepatan Landing 8 m/s

**Gambar 8** menunjukkan hasil dari displacement struktur main landing gear menggunakan variasi material aluminium terhadap kecepatan landing 8 m/s dan **Gambar 9** menunjukkan kurva displacement variasi material pada kecepatan landing 8 m/s.

**Tabel 6** Nilai Max Stress dan Max Displacement variasi material

Kecepatan landing	Material	Max Stress (MPa)	Max Displacement (mm)
8 m/s	Al 6061 T6	282,4	5,213
8 m/s	Al 2024 T3	362,6	4,938
8 m/s	Al 7075 T6	443	5,056

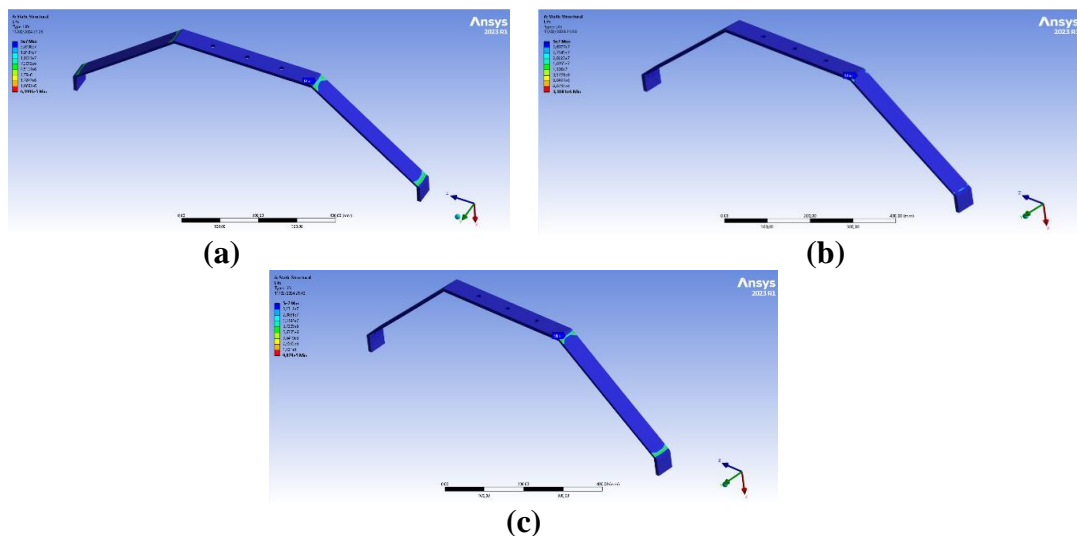
Pada **Tabel 6** didapatkan nilai *maximum stress* dan nilai *maximum displacement* pada simulasi pembebanan dinamik pada struktur *main landing gear* UAV menggunakan variasi material Al 6061 T6, Al 2024 T3 dan Al 7075 T6 dengan kecepatan 8 m/s. Nilai *maximum stress* terkecil terjadi pada material Al 6061 T6 dengan nilai 282,4 MPa dan Nilai *maximum stress* terbesar terjadi pada material Al 7075 T6 dengan nilai 443 MPa. Nilai *displacement* terkecil terjadi pada material Al 2024 T3 dengan nilai 4,938 mm dan Nilai *displacement* terbesar terjadi pada material Al 6061 T6 dengan nilai 5,213 mm. Berdasarkan nilai dari tabel diatas dapat dijelaskan material Al 7075 T6 memiliki nilai *maximum stress* paling tinggi ini karena properti dari material Al 7075 T6 lebih kuat dibanding dengan properti material lainnya dan pada material Al 2024 T3 memiliki nilai *displacement* paling kecil ini karena properti material 2024 T3 lebih kaku atau dapat menahan deformasi elastis lebih baik dibanding material lainnya.

### III.3 Nilai *Life Cycle* Struktur *Main Landing Gear* UAV

Analisis *cyclic load* dengan variasi material aluminium menunjukkan hasil nilai *life cycle* pada struktur *main landing gear* UAV. Nilai *life cycle* sendiri merupakan jumlah *cycle* dari struktur yang menerima pembebanan secara berulang atau pada penelitian ini diasumsikan saat melakukan landing hingga mengalami kegagalan struktur akibat *fatigue* pada material. Pada hasil analisis *cyclic load* nilai *life cycle* dapat dilihat lokasi dari nilai *life cycle* pada struktur *main landing gear* UAV melalui indikator

warna. Warna merah pada hasil analisis menunjukkan nilai *life cycle* minimum yang ada pada struktur *main landing gear* UAV, dapat dikatakan pada lokasi yang berwarna merah memiliki nilai *life cycle* *terkecil* dan mengalami kegagalan struktur akibat kelelahan lebih dahulu dibanding lokasi lain atau memiliki umur terpendek pada struktur tersebut, faktor ini dapat disebabkan karena adanya konsentrasi tegangan yang terjadi akibat dari geometri struktur itu sendiri, terjadinya penumpukan tegangan membuat bagian struktur tersebut menerima *stress* lebih banyak dan menyebabkan nilai *life cycle* lebih kecil.

### III.3.1 Nilai *Life Cycle* Terhadap Variasi Material di Kecepatan Landing 4 m/s



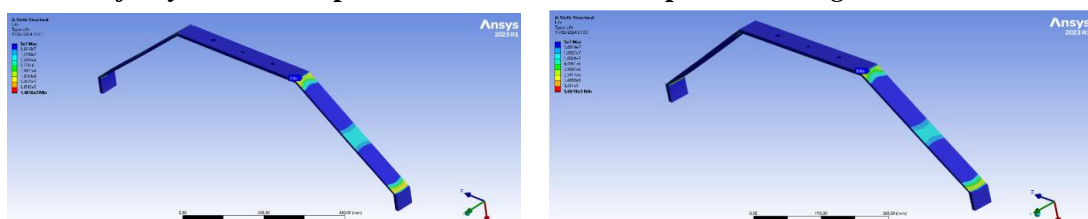
**Gambar 10** Hasil *Life Cycle* di kecepatan landing 4 m/s dengan material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6

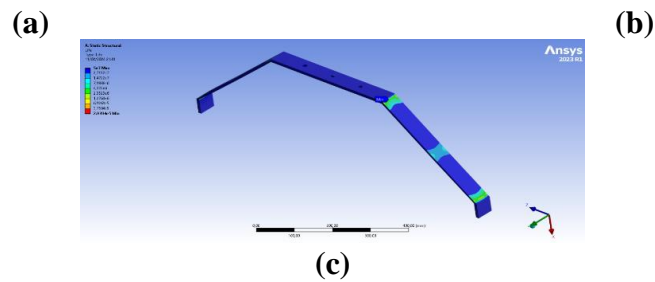
**Tabel 7** Nilai *Life Cycle* Variasi Material di Kecepatan Landing 4 m/s

Kecepatan landing	Material	<i>Min Life Cycle</i>
4 m/s	Al 6061 T6	659.060
4 m/s	Al 2024 T3	3.308.100
4 m/s	Al 7075 T6	982.900

Pada analisis *cyclic load* dengan variasi material di kecepatan landing 4 m/s. Pada **Gambar 10** menggunakan material Al 6061 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 659.060 *cycle*, kemudian pada **Gambar 10** menggunakan material Al 2024 T3 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 3.308.100 *cycle*, dan pada **Gambar 10** menggunakan material Al 7075 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 982.900 *cycle*. Nilai minimum *life cycle* dapat dikatakan umur terpendek dari struktur tersebut karna nilai minimum *life cycle* menunjukkan jumlah *cycle* dari struktur tersebut hingga mengalami kegagalan struktur akibat *fatigue*. Dapat dilihat dari hasil tersebut material Al 2024 T3 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling besar dan material Al 6061 T6 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling kecil dibandingkan dengan variasi material yang lainnya.

### III.3.2 Nilai *Life Cycle* Terhadap Variasi Material di Kecepatan Landing 6 m/s





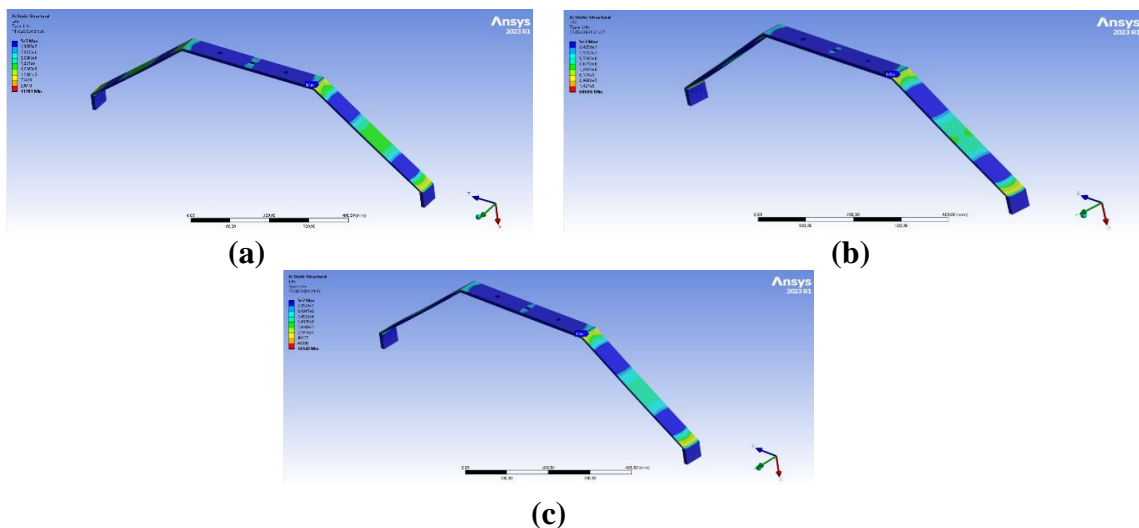
**Gambar 11** Hasil *Life Cycle* di kecepatan landing 6 m/s dengan material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6

**Tabel 8** Nilai *Life Cycle* Variasi Material di Kecepatan Landing 6 m/s

Kecepatan landing	Material	<i>Min Life Cycle</i>
6 m/s	Al 6061 T6	149.760
6 m/s	Al 2024 T3	506.780
6 m/s	Al 7075 T6	203.940

Pada analisis *cyclic load* dengan variasi material di kecepatan landing 6 m/s. Pada **Gambar 11** menggunakan material Al 6061 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 149.760 *cycle*, kemudian pada **Gambar 11** menggunakan material Al 2024 T3 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 506.780 *cycle*, dan pada **Gambar 11** menggunakan material Al 7075 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 203.940 *cycle*. Nilai minimum *life cycle* dapat dikatakan umur terpendek dari struktur tersebut karena nilai minimum *life cycle* menunjukkan jumlah *cycle* dari struktur tersebut hingga mengalami kegagalan struktur akibat *fatigue*. Dapat dilihat dari hasil tersebut material Al 2024 T3 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling besar dan material Al 6061 T6 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling kecil dibandingkan dengan variasi material yang lainnya.

### III.3.3 Nilai *Life Cycle* Terhadap Variasi Material di Kecepatan Landing 8 m/s



**Gambar 12** Hasil *Life Cycle* di kecepatan landing 8 m/s dengan material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6

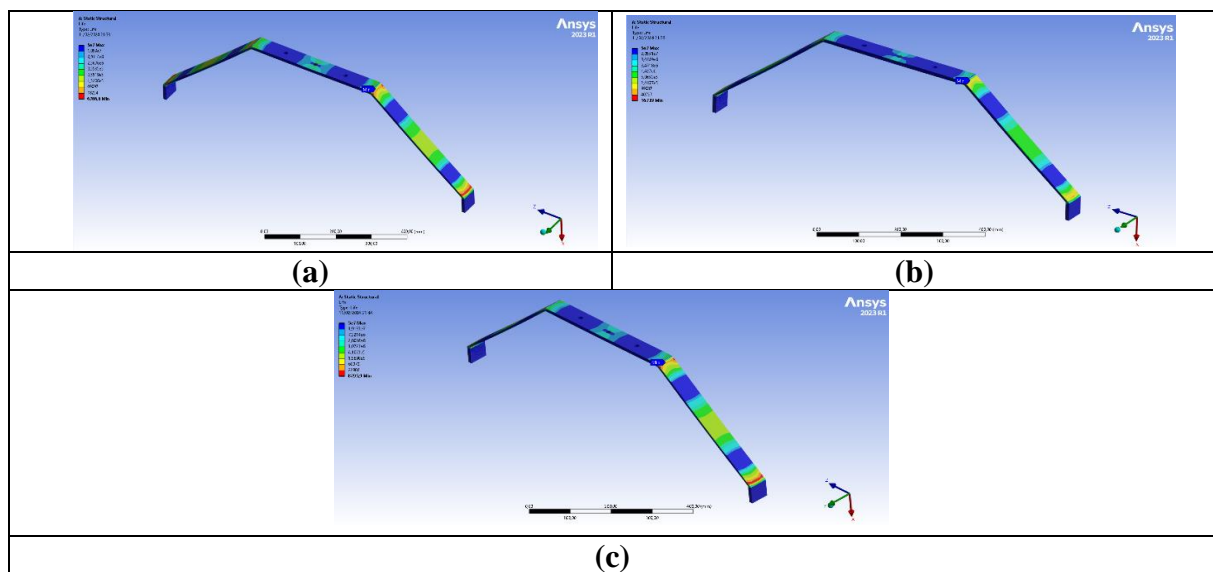
**Tabel 9** Nilai *Life Cycle* Variasi Material di Kecepatan Landing 8 m/s

Kecepatan landing	Material	<i>Min Life Cycle</i>
8 m/s	Al 6061 T6	11.787
8 m/s	Al 2024 T3	68.606
8 m/s	Al 7075 T6	16.542



Pada analisis *cyclic load* dengan variasi material di kecepatan *landing* 8 m/s. Pada **Gambar 12** menggunakan material Al 6061 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 11.787 *cycle*, kemudian pada **Gambar 12** menggunakan material Al 2024 T3 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 68.606 *cycle*, dan pada **Gambar 12** menggunakan material Al 7075 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 16.542 *cycle*. Nilai minimum *life cycle* dapat dikatakan umur terpendek dari struktur tersebut karena nilai minimum *life cycle* menunjukkan jumlah *cycle* dari struktur tersebut hingga mengalami kegagalan struktur akibat *fatigue*. Dapat dilihat dari hasil tersebut material Al 2024 T3 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling besar dan material Al 6061 T6 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling kecil dibandingkan dengan variasi material yang lainnya.

### III.3.4 Nilai *Life Cycle* Terhadap Variasi Material di Kecepatan Landing 10 m/s



**Gambar 13** Hasil *Life Cycle* di kecepatan landing 10 m/s dengan material (a) Al 6061 T6 (b) Al 2024 T3 (c) Al 7075 T6

**Tabel 10** Nilai *Life Cycle* Variasi Material di Kecepatan Landing 10 m/s

Kecepatan landing	Material	<i>Min Life Cycle</i>
10 m/s	Al 6061 T6	6.786,6
10 m/s	Al 2024 T3	16.739
10 m/s	Al 7075 T6	8.795,9

Pada analisis *cyclic load* dengan variasi material di kecepatan *landing* 10 m/s. pada **Gambar 13** menggunakan material Al 6061 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 6.786,6 *cycle*  $\approx$  6.787 *cycle*, kemudian pada **Gambar 13** menggunakan material Al 2024 T3 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 16.739 *cycle*, dan pada **Gambar 13** menggunakan material Al 7075 T6 memiliki nilai *life cycle minimum* sebesar 8.795,9 *cycle*  $\approx$  8.796 *cycle*. Nilai minimum *life cycle* dapat dikatakan umur terpendek dari struktur tersebut karena nilai minimum *life cycle* menunjukkan jumlah *cycle* dari struktur tersebut saat mengalami kegagalan struktur akibat *fatigue*. Dapat dilihat dari hasil tersebut material Al 2024 T3 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling besar dan material Al 6061 T6 memiliki jumlah nilai *minimum life cycle* paling kecil dibandingkan dengan variasi material yang lainnya.

## IV. KESIMPULAN

Respon dinamik pada main landing gear UAV dengan material aluminium 6061 T6 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan landing, semakin besar nilai maksimum stress dan displacement, dengan nilai tertinggi stress pada kecepatan 10 m/s (308,8 MPa) dan displacement pada 10 m/s (6,482 mm), serta nilai terendah stress pada 4 m/s (236,1 MPa) dan displacement pada 4 m/s (2,949 mm).

Pada kecepatan landing 8 m/s, material Al 7075 T6 menghasilkan stress tertinggi (443 MPa) dan material Al 6061 T6 menghasilkan displacement tertinggi (5,213 mm), sementara material Al 6061 T6 memiliki stress terendah (362,6 MPa) dan material Al 2024 T3 menghasilkan displacement terendah (4,938 mm), menunjukkan bahwa semakin tinggi density material, semakin tinggi nilai stress, dan semakin tinggi young modulus material, semakin rendah displacement. Analisis cyclic load pada main landing gear UAV menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan landing, semakin rendah nilai life cycle untuk setiap material. Material Al 6061 T6 memiliki life cycle tertinggi pada 4 m/s (659.060 cycle) dan terendah pada 10 m/s (6.786,6 cycle), Al 2024 T3 tertinggi pada 4 m/s (3.308.100 cycle) dan terendah pada 10 m/s (16.739 cycle), serta Al 7075 T6 tertinggi pada 4 m/s (982.900 cycle) dan terendah pada 10 m/s (8.795,9 cycle).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Teknologi Penerbangan, "LAPAN Surveillance UAV," [Online]. Tersedia: <http://pustekbang.lapan.go.id>. Diakses pada: Jun. 26, 2023.
- [2] L. A. Wibawa, "Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Tricycle Landing Gear UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga," *MECHANICAL*, vol. 9, no. 2, pp. 33-39, Feb. 2019. doi: 10.23960/mech.v9.i2.201806.
- [3] FAA, *Aviation Maintenance Technician Handbook--Airframe*, FAA-H-8083-31B, Newcastle, WA: Aviation Supplies & Academics, Inc., 2023.
- [4] B. A. Warsiyanto, M. H. Widanto, I. Musthofa, and I. Maulana, "Dynamic response of commuter category aircraft wing against drone collision," 2021.
- [5] B. A. Warsiyanto et al., "The Effect of Cross-section and Elliptical Hole Ratio on Crashworthiness Parameters of Crash-Box Structure," 2021.
- [6] M. Hadi Widanto, E. Surya, A. Chaeroni, P. Teknik Penerbangan, F. Teknik Kedirgantaraan, and U. Dirgantara Marsekal Suryadarma, "Analisis Kerusakan Pelat Komposit Akibat Beban Low Velocity IMPact Terhadap Variasi Energi Impak Dengan Menggunakan Element Split," *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2023.
- [7] M. Fadli, M. Hadi Widanto, and S. Fairuza, "Analisis Impak Landing Skid Drone Agrikultur Dengan Variasi Ground Contur," *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, vol. 9, no. 1, pp. 29–36, 2023.
- [8] B. C. Putri, "E-modul Materi Momentum dan Impuls," FlipHTML5, [Online]. Tersedia: <https://fliphtml5.com/upoqe/rcfg>. Diakses pada: Oct. 12, 2023.
- [9] "Fatigue Life," *Fatigue life: Definition and description*, [Online]. Tersedia: <https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/fatigue-test/fatigue-life/>. Diakses pada: Sep. 1, 2023.
- [10] A. Nopelandi, "Simulasi Beban IMPact Passenger Boarding Stairs Pada Skin Fuselage Dengan Variasi Sudut, Kecepatan, Dan Lokasi IMPact," Skripsi, Program Studi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, 2023.