



## PENGARUH SUSUNAN DAN JUMLAH LUBANG BOUT TERHADAP KEKUATAN RANGKA MAIN LANDING GEAR UNTUK PESAWAT UAV

Lasinta Ari Nendra Wibawa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Indonesia

\*Email Penulis: [lasinta.ari@lapan.go.id](mailto:lasinta.ari@lapan.go.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 19/02/2019  
Naskah Direvisi 01/04/2019  
Naskah Disetujui 05/04/2019  
Naskah Online 05/04/2019

### ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh susunan dan jumlah lubang 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. Variabel susunan dan jumlah lubang baut adalah 3 baut (seri), 3 baut (zig-zag), 4 baut (seri), 4 baut (zig-zag), 5 baut (seri), dan 5 baut (zig-zag). Hasil simulasi menunjukkan bahwa faktor keamanan untuk susunan dan jumlah baut 3 baut (seri), 3 baut (zig-zag), 4 baut (seri), 4 baut (zig-zag), 5 baut (seri), dan 5 baut (zig-zag) berturut-turut yaitu 3,498; 3,325; 3,843; 3,793; 3,401; dan 3,338.

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

### 1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau Drone tidak hanya untuk keperluan militer, tetapi sudah banyak diaplikasikan untuk berbagai keperluan sipil. Salah satunya adalah pemanfaatan untuk teknik fotografi udara. Citra gambar yang diambil dari pesawat UAV dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti pemetaan lahan dan mitigasi bencana seperti gempa bumi (Hirokawa et al., 2007), tanah longsor, dan banjir.

Kegunaan UAV untuk kegiatan mitigasi bencana sangat penting karena menjadi sarana untuk membantu membuat keputusan. Citra gambar yang dihasilkan dari pesawat UAV dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan bangunan dan jembatan (Huang, Li, & Fan, 2008), rute jalan masuk untuk proses evakuasi, dan rute terbaik untuk akses menuju fasilitas kesehatan terdekat.

Roda pendaratan (*landing gear*) merupakan salah satu komponen penting dalam sebuah konstruksi pesawat UAV (Kumar, Dash, & Basavaraddi, 2013) (Albanaa et al., 2014) (Dutta, 2016) (Prakash et al., 2018) (Swarnakiran & Rohith, 2018). *Landing gear* adalah komponen pendukung utama beban pesawat saat

mendarat (*landing*) dan lepas landas (*take off*). *Landing gear* biasanya mengalami kondisi lingkungan yang parah seperti suhu, iklim, dan landasan pacu yang ekstrem (Franco et al., 2006)

Sambungan mekanik seperti baut (*bolt*) dan paku keling (*rivet*) pada suatu 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 komponen tersebut.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh susunan dan jumlah baut terhadap kekuatan rangka *main landing gear* untuk pesawat UAV. Analisis elemen hingga dilakukan untuk mengukur seberapa besar pengaruh susunan dan jumlah lubang baut terhadap distribusi tegangan *Von Mises*, deformasi, dan faktor keamanan dari rangka *main landing gear*.

Material rangka *main landing gear* menggunakan Aluminium paduan 5083 yang merupakan material yang memiliki sifat ringan, titik cair rendah, dan tahan korosi. Material Aluminium 5083 juga memiliki kekuatan luluh (*yield strength*) yang cukup tinggi, yaitu sebesar 285 MPa (Wibawa, 2019c).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

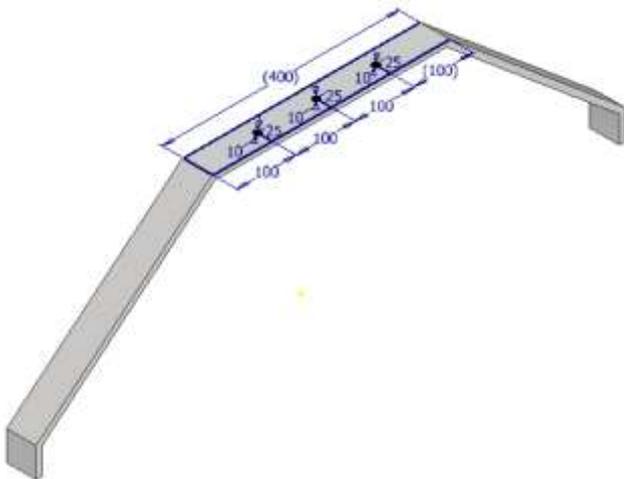
Penelitian ini menggunakan simulasi perangkat lunak (*software*) Autodesk Inventor Professional 2017. Simulasi Autodesk Inventor berguna untuk menjalankan analisis untuk membuktikan validitas dari sebuah desain. Hal ini jauh lebih praktis dan hemat waktu saat merancang desain sebelum membuatnya dalam bentuk prototipe fisik (Wibawa, 2018b).

Autodesk Inventor Professional merupakan jenis perangkat pemodelan parametrik 3D (Wibawa & Himawanto, 2018) dan salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang dulu lebih familier dengan produk AutoCAD (Wibawa, 2018a). 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*) (Wibawa, 2019a).

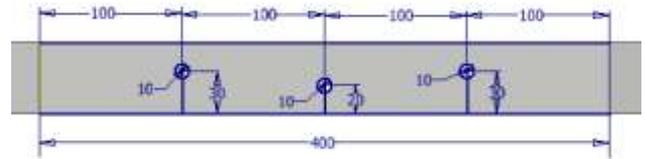
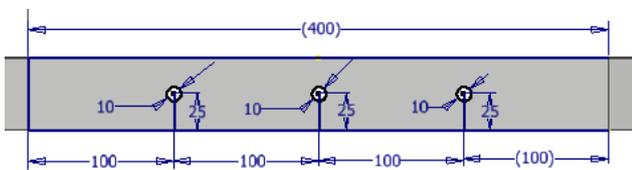
Asumsi pada saat melakukan analisis linier, yaitu (Wibawa, 2018b):

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.

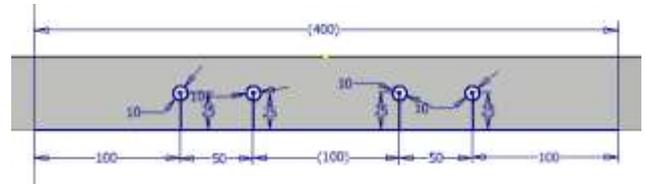
Dimensi rangka *main landing gear* secara detail ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan susunan dan jumlah lubang baut *main landing gear* ditunjukkan pada Gambar 2.



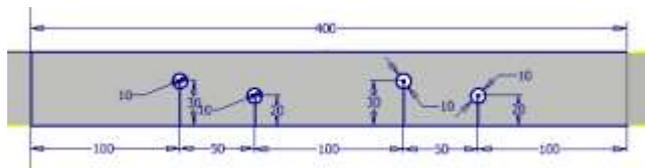
**Gambar 1.** Desain 3 dimensi *main landing gear* dengan tiga lubang baut (dalam mm) (Wibawa, 2019b)



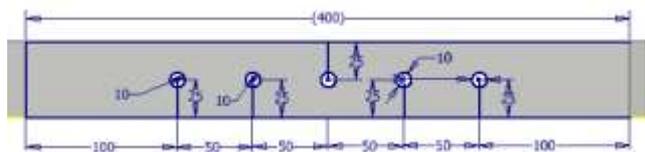
(b)



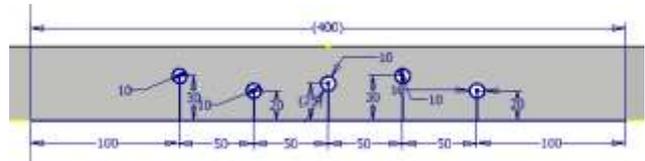
(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 2.** Susunan dan jumlah lubang baut, (a) 3 lubang baut seri, (b) 3 lubang baut zig-zag, (c) 4 lubang baut seri, (d) 4 lubang baut zig-zag, (e) 5 lubang baut seri, (f) 5 lubang baut zig-zag.

Beban impact merupakan fungsi dari kecepatan vertikal sehingga persamaan momentum impulsnya adalah:

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

Dimana:

$F$  = beban impact

$\Delta t$  = 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
Kecepatan landing	10 m/s
Massa UAV	75 kg
Waktu impak	0,5 detik
Beban impak	1.500 N
Average element size	0,2 mm
Minimum element size	0,1 mm
Safety factor	Berdasarkan yield strength

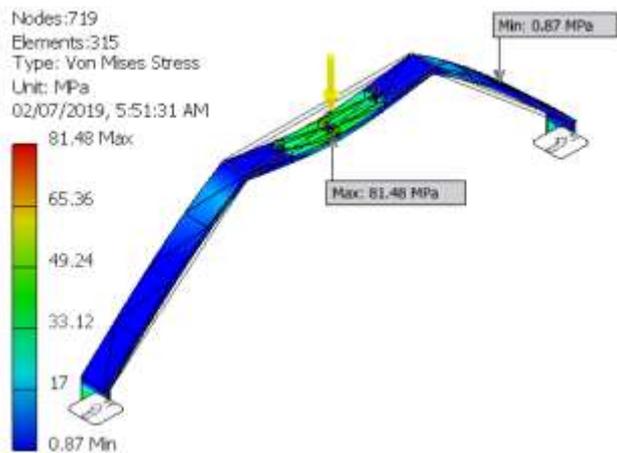
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan sifat fisik material Aluminium paduan 5083. Material Aluminium 5083 memiliki massa jenis sebesar 2,66 gram/cm<sup>3</sup>. Hal ini berdampak pada massa total rangka *main landing gear* yang cukup ringan, yaitu hanya seberat 1,67 kg.

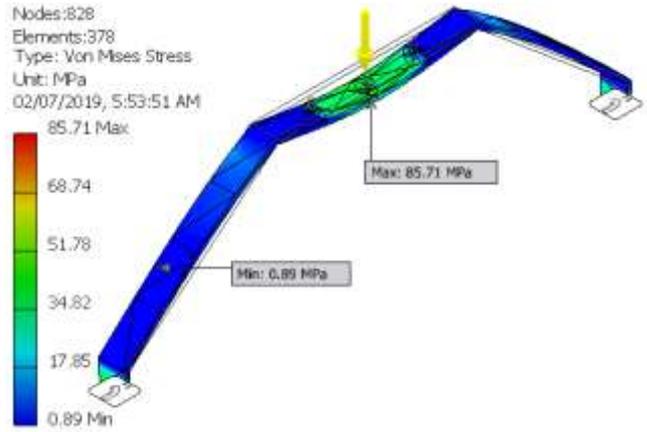
**Tabel 2.** Sifat fisik material *main landing gear*

Parameter	Keterangan
Material	Aluminium 5083
Density	2,66 g/cm <sup>3</sup>
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

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan distribusi tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 3 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag. Nilai tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 3 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag yaitu 81,481 MPa dan 85,709 MPa. Lubang yang disusun secara seri memiliki tegangan Von Mises maksimum yang lebih kecil daripada yang disusun secara zig-zag.

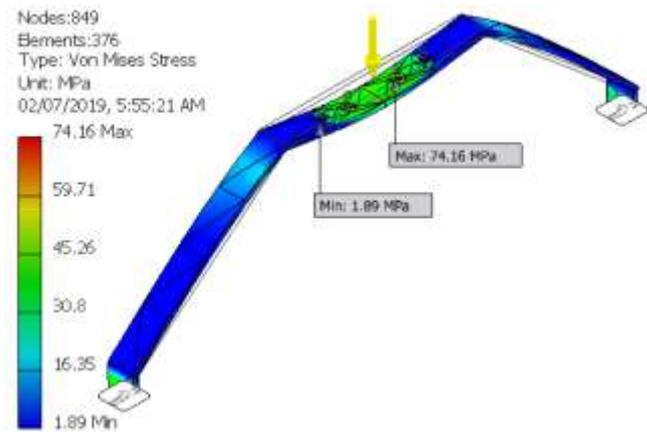


**Gambar 3.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 3 lubang baut secara seri.

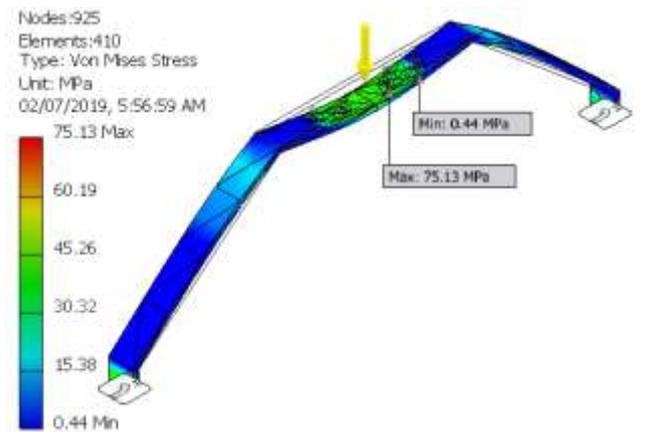


**Gambar 4.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 3 lubang baut secara zig-zag.

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan distribusi tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 4 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag. Nilai tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 4 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag yaitu 74,160 MPa dan 75,132 MPa. Lubang yang disusun secara seri memiliki tegangan Von Mises maksimum yang lebih kecil daripada yang disusun secara zig-zag.

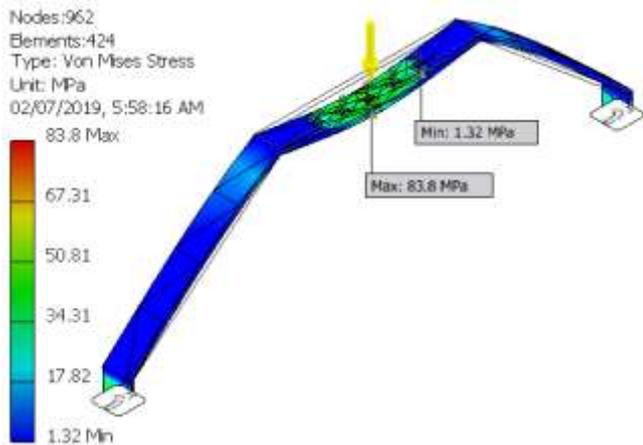


**Gambar 5.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 4 lubang baut secara seri.

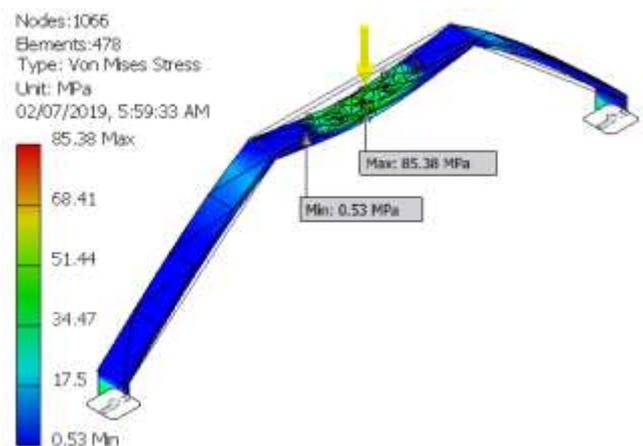


**Gambar 6.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 4 lubang baut secara zig-zag.

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan distribusi tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 5 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag. Nilai tegangan Von Mises maksimum rangka *main landing gear* terhadap 5 lubang baut yang disusun secara seri dan zig-zag yaitu 83,796 MPa dan 85,381 MPa. Lubang yang disusun secara seri memiliki tegangan Von Mises maksimum yang lebih kecil daripada yang disusun secara zig-zag.



**Gambar 7.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 5 lubang baut secara seri.



**Gambar 8.** Distribusi tegangan Von Mises maksimum untuk susunan 5 lubang baut secara zig-zag.

Hasil simulasi elemen hingga pengaruh susunan dan jumlah lubang baut terhadap kekuatan rangka *main landing gear* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi untuk susunan dan jumlah baut 3 baut (seri), 3 baut (zig-zag), 4 baut (seri), 4 baut (zig-zag), 5 baut (seri), dan 5 baut (zig-zag) berturut-turut yaitu 2,165 mm, 2,178 mm, 2,177 mm, 2,189 mm, 2,196 mm, dan 2,207 mm. Sedangkan faktor keamanan untuk susunan dan jumlah baut 3 baut (seri), 3 baut (zig-zag), 4 baut (seri), 4 baut (zig-zag), 5 baut (seri), dan 5 baut (zig-zag) berturut-turut yaitu 3,498; 3,325; 3,843; 3,793; 3,401; dan 3,338.

**Tabel 3.** Hasil simulasi elemen hingga dengan variasi diameter baut

Jumlah baut	Tegangan Von	Deformasi	Safety
-------------	--------------	-----------	--------

	Mises maksimum (MPa)	(mm)	factor
3 (seri)	81,481	2,165	3,498
3 (zig-zag)	85,709	2,178	3,325
4 (seri)	74,160	2,177	3,843
4 (zig-zag)	75,132	2,189	3,793
5 (seri)	83,796	2,196	3,401
5 (zig-zag)	85,381	2,207	3,338

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar sebuah desain terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum (Wibawa, 2018b). Faktor keamanan menjadi indikator untuk memastikan apakah konstruksi yang dirancang cukup aman atau tidak untuk menahan beban (Wibawa, 2019b). Faktor keamanan dihitung sebagai perbandingan antara kekuatan luluh material dengan tegangan Von Mises maksimum (Wibawa, 2019c). Faktor keamanan dapat didasarkan pada salah satu batas tegangan tarik maksimum atau tegangan luluh dari material. Faktor keamanan pada kekuatan luluh bertujuan untuk mencegah deformasi yang merugikan sedangkan faktor keamanan pada kekuatan tarik maksimum bertujuan mencegah keruntuhan dan hanya bisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) analisis nonlinier (Wibawa, 2018b). Sementara Autodesk Inventor hanya bisa melakukan analisis linier. Sehingga faktor keamanan umumnya berdasarkan batas luluh. Secara umum, nilai faktor keamanan pada penelitian ini sudah memenuhi syarat untuk komponen mampu menahan beban kejut. Hal ini karena semua faktor keamanan memiliki nilai lebih dari 3 (tiga). Sedangkan nilai faktor keamanan untuk suatu material mampu menahan beban kejut berkisar antara 3-4 (V. Dobrovolsky, 1978).

#### 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 faktor keamanan untuk susunan dan jumlah baut 3 baut (seri), 3 baut (zig-zag), 4 baut (seri), 4 baut (zig-zag), 5 baut (seri), dan 5 baut (zig-zag) berturut-turut yaitu 3,498; 3,325; 3,843; 3,793; 3,401; dan 3,338.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-banaa, Ali, M. S. ., & Pires, R. (2014). Stress Analysis on Main Landing Gear for Small Aircraft. *Al-Rafidain Engineering*, 22(1), 26–33.
- Dutta, A. (2016). Design and Analysis of Nose Landing Gear. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(10), 261–266.
- Franco, L. A. L., Silva, O. M. M., Campos, P. P. De, & Dollinger, C. F. A. Von. (2006). Fatigue fracture of a nose landing gear in a military transport aircraft, 13, 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2004.12.025>
- Hirokawa, R., Kubo, D., Suzuki, S., Meguro, J., & Suzuki, T. (2007). A Small UAV for Immediate Hazard Map Generation. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, (May), 1–6.
- Huang, Y., Li, J., & Fan, N. (2008). Image Mosaicing for UAV Application. *2008 International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*, 663–667. <https://doi.org/10.1109/KAM.2008.73>
- Kumar, R. R., Dash, P. K., & Basavaraddi, S. R. (2013). Design And Analysis of Main Landing Gear Structure of A Transport Aircraft and Fatigue Life Estimation. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 1(4), 22–26.
- Prakash, J. A., Joshua, P., & Santosh, D. (2018). Design and Analysis of Aircraft Landing Gear Axle. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4(2), 1550–1555.
- Swarnakiran, S., & Rohith, S. (2018). Numerical Analysis of Nose

- Landing Gear System. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(4), 1978-1984.
- Wibawa, L. A. N. (2018a). *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta. Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=qHpKDwAAQBAJ&lr=&printsec=frontcover>
- Wibawa, L. A. N. (2018b). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta. Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=BD1LDwAAQBAJ&hl=id&lr=&printsec=frontcover>
- Wibawa, L. A. N. (2019a). Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Tempat Sampah di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Turbulen: Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 64-68.
- Wibawa, L. A. N. (2019b). Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Polimesin*, 17(1), 26-32.
- Wibawa, L. A. N. (2019c). Pengaruh Pemilihan Material Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV. *Jurnal Teknologi Dan Terapan Bisnis*, 2(1), 48-52.
- Wibawa, L. A. N., & Himawanto, D. A. (2018). Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Simetris*, 9(2), 803-808.