

PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR STATIS TERHADAP FUSELAGE VERSI MARITIM DARI PROTOTIPE UAV V5 PRODUKSI

Gabriel Sutantyo¹, Sheila Tobing^{2*}, Budi Atmoko³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya,
Jalan Raya Cisauk, Desa Sampora, Kec. Cisauk, Kab. Tangerang, Banten, 15435

²Staf Pengajar Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya,
Jalan Raya Cisauk, Desa Sampora, Kec. Cisauk, Kab. Tangerang, Banten, 15435

³Staf Teknik, PT. Famindo Inovasi Teknologi,
Jalan Sentul Raya KM. 2,7 No. 23, Babakan Madang, Bogor, Jawa Barat, 16810

*Email: sheila.tobing@atmajaya.ac.id

Diterima: 12-03-2021

Direvisi: 23-07-2022

Disetujui: 01-12-2022

ABSTRAK

PT. Famindo Inovasi Teknologi (PT. FIT) merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri *drone*, dan PT. FIT sekarang ini sedang mendapat permintaan dari Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (BAKAMLA) untuk merancang sebuah *drone* yang dapat mengapung di atas air. Oleh karena itu saya akan bertujuan untuk melakukan perancangan sebuah *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dengan volume bawah *fuselage* sebesar 30 liter yang mampu menahan pembebanan 5G. Volume bawah akan dirancang sebesar 30 liter karena massa *drone* dalam kondisi siap terbang akan sebesar 25 kg. Perancangan akan mencakup bentuk *fuselage*, struktur rusuk, dan struktur penopang. Setelah perancangan selesai dilakukan, maka tahap selanjutnya yaitu simulasi menggunakan *software* Solidworks dengan fitur *static simulation*. Simulasi *fuselage* akan dilakukan dengan ukuran *mesh* sebesar 8 mm berdasarkan *mesh independence test*, dan pembebanan 5G. Hasil simulasi menunjukkan *maximum stress* sebesar 17,142 MPa dan *maximum displacement* sebesar 0,614 mm, sehingga perancangan *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dapat dinyatakan aman.

Kata kunci: *Drone*; *fuselage*; maritim; simulasi; Solidworks.

ABSTRACT

PT. Famindo Inovasi Teknologi (PT. FIT) is a company that works in the drone industry, and currently PT. FIT receives a request from Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (BAKAMLA) to design a drone that can float on water. Therefore, my purpose is to design a *fuselage* of the maritime version from UAV V5 prototype produced by PT. FIT that have a lower *fuselage* volume of 30 liters and able to withstand a 5G loading. The lower *fuselage* is designed at 30 liters because the mass of the finished drone is 25 kg. The design will include the shape of the *fuselage*, rib structure and support structure. After the design is complete, the next step is simulation using Solidworks with *static simulation* features. The *fuselage* simulation is done with a mesh size of 8 mm according to the *mesh independence test* method and 5G loading. The result of the *fuselage* simulation shows a *maximum stress* of 17.142 MPa and a *maximum displacement* of 0.614 mm, so the *fuselage* of the maritime version from UAV V5 prototype produced by PT. FIT design can be declared as safe.

Keywords: *Drone*; *fuselage*; maritime; simulation; Solidworks.

1. PENDAHULUAN

PT. Famindo Inovasi Teknologi merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang industri *drone*, dan sedang mendapatkan permintaan akan *drone* maritim oleh BAKAMLA. Perancangan saya pada hal ini hanya mencakup *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT ini. Tujuan dari penelitian saya adalah mendapatkan hasil rancangan *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dengan volume *fuselage* di bawah *waterline* sebesar 30 liter dan juga mampu menahan pembebanan 5G dengan aman.

Drone merupakan kendaraan tanpa awak yang belakangan ini semakin sering digunakan untuk berbagai kegiatan, oleh karena itu beban komponen dalam perancangan *drone* menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan agar tujuan penggunaan dapat tercapai. Sejumlah komponen dalam yang umumnya ada pada *drone* seperti: propeler, rotor, kamera, bodi pesawat, sayap, *landing gear*, gimbal, *remote control*, dan baterai [1].

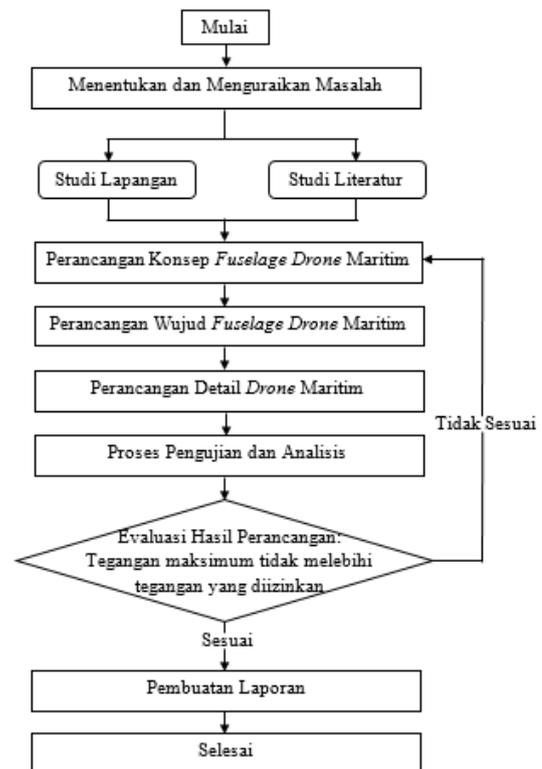
Drone dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *fixed wing* dan *rotary wing*, sebagaimana masing-masing memiliki kelebihan tersendiri. Pada jenis *fixed wing*, kelebihan berupa mampu melakukan penerbangan jauh, dan juga mampu melakukan penerbangan dengan ketinggian dan kecepatan yang tinggi, sedangkan untuk *rotary wing* memiliki kelebihan berupa mampu melakukan penerbangan vertikal dan tidak membutuhkan area yang luas untuk *take off-landing* [2]. Kemudian untuk struktur sebuah *fuselage* dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu *truss*, *monocoque*, dan *semimonocoque*. Struktur *truss* merupakan struktur yang terdiri dari sejumlah pipa/*longerons* yang saling terhubung dengan pengelasan, struktur *monocoque* merupakan struktur yang terdiri dari *formers* dan *bulkhead*, sedangkan struktur *semimonocoque* merupakan struktur yang menyerupai *monocoque* namun diperkuat dengan adanya *stringer* [3].

Dalam perancangan ini, saya menggunakan teknik portal metode Takabeya untuk menentukan struktur penopang aman atau tidak. Teknik portal merupakan teknik yang sudah cukup populer serta terus dikembangkan agar

lebih praktis dalam penggunaannya, dan metode Takabeya ini merupakan metode hasil dari penyederhanaan metode KANI [4]. Untuk simulasi *fuselage* terhadap pembebanan 5G, akan digunakan *software* Solidworks yang merupakan *software* CAD dari pengembang Dassault Systèmes. Solidworks merupakan *software* yang sudah banyak digunakan oleh berbagai kalangan, seperti pelajar, *engineer*, dan banyak lainnya. Dikarenakan pembebanan 5G pada hal ini hanya mencakup komponen dan *fuselage* itu sendiri maka simulasi akan dilakukan dengan fitur *static simulation* [5].

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan secara teoretis dan simulasi menggunakan *software* Solidworks. Penelitian akan dilakukan sesuai diagram alir pada Gambar 1.

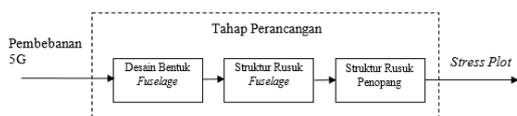


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian akan diawali dengan menguraikan masalah yang dimiliki oleh PT. FIT. Penguraian masalah ini penting dilakukan untuk menentukan solusi yang tepat sesuai dengan masalah pengguna, oleh karena itu faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

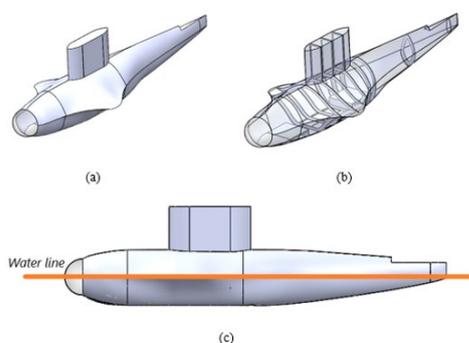
- Menentukan desain *fuselage* yang *streamline* dan mampu mengampung dengan beban maksimum *drone* sebesar 25 kg.
- Menentukan rancangan yang baik agar dapat menahan pembebanan 5G.
- Menentukan material yang cocok dan kuat untuk struktur dan kulit *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT.

Setelah diketahui akan masalah yang ada dari pengguna maka dapat dilanjutkan dengan studi lapangan dan studi literatur untuk mendapatkan informasi lebih banyak mengenai kendala pengguna. Selanjutnya terdapat perancangan konsep *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT sebagaimana akan terdapat sebuah struktur sub-fungsi yang menunjukkan alur perancangan, mulai dari *input*, tahapan perancangan yang dilakukan, dan *output*. Struktur sub-fungsi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Sub-Fungsi

Pada struktur sub-fungsi dapat diketahui bahwa pada tahap perancangan terdapat 3 tahapan untuk menyelesaikan perancangan yaitu desain bentuk *fuselage*, struktur rusuk *fuselage*, dan struktur rusuk penopang. Tiga buah proses pada tahap perancangan ini akan dibuat menjadi berbagai macam varian opsi untuk mendapatkan varian terbaik. Setelah didapatkan varian terbaik maka dapat rancangan dapat diwujudkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Wujud *Fuselage* Versi Maritim, (a) Tampak Tidak Transparan, (b) Tampak Transparan (c) Penunjukkan *Water Line*

Proses selanjutnya setelah perancangan wujud adalah perancangan detail. Pada perancangan detail akan membahas material yang digunakan dan komponen atau bagian-bagian dari *fuselage*. Material yang akan digunakan untuk *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT ini adalah *fiberglass* dikarenakan merupakan material yang memiliki sifat yang ringan namun kuat. Karakteristik dari *fiberglass* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *Fiberglass* [6]

Material: <i>Fiberglass</i>			
<i>Tensile Strength, Yield</i>	<i>Shear Strength</i>	<i>Modulus of Elasticity</i>	<i>Density</i>
208,91 MPa	37,9212 MPa	27579,03 MPa	1,660794 g/cm ³

Safety factor pada perancangan ini ditentukan sebesar 1,5, maka didapatkan *tensile strength allowable* sebesar 139,2733 MPa dan *shear strength allowable* sebesar 25,2808 MPa. Untuk detail dari komponen perancangan *fuselage* terdapat tiga komponen yaitu struktur penopang yang berguna untuk menahan beban sayap, struktur *fuselage* yang menggunakan jenis struktur *monocoque* serta terdiri dari tujuh buah rusuk, dan dudukan perlengkapan *fuselage* seperti baterai, *avionic*, dan kamera.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini akan terbagi menjadi dua yaitu perhitungan teoretis dari perhitungan rusuk *fuselage* dan struktur penopang, dan hasil simulasi dari struktur penopang serta *fuselage drone* secara keseluruhan. Untuk perhitungan teoretis, penentuan dimensi rusuk *fuselage* akan menggunakan formula *plate buckling* sebagai berikut:

$$F_{CR} = k \times E \times \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (1)$$

Keterangan:

K = Konstanta (bergantung pada tumpuan)

E = Modulus Young (N/mm²)

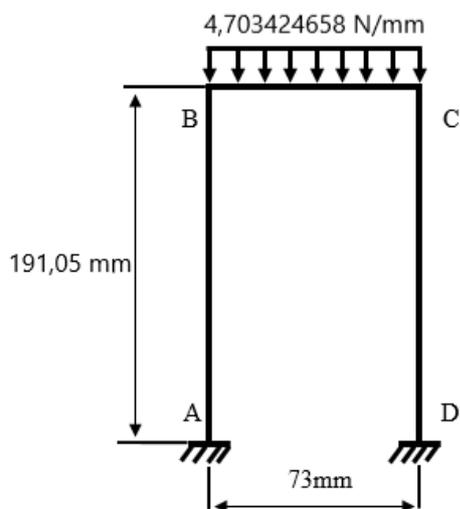
t = Tebal (mm)

b = Lebar (mm)

Dengan menggunakan asumsi lebar sebesar 15 mm, konstanta sebesar 1,12, Modulus Young dari *fiberglass* sebesar 27579,03 MPa, dan F_{CR} sebesar 37,9212 MPa yang merupakan *shear*

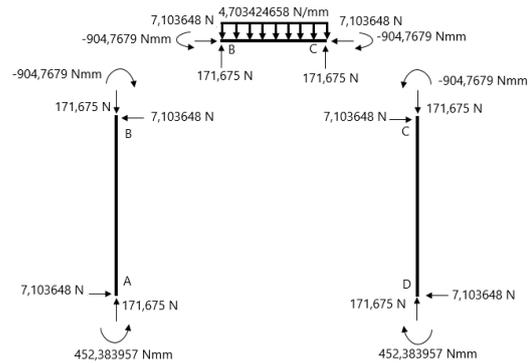
strength dari *fiberglass* maka didapatkan tebal minimal rusuk sebesar 0,5256 mm. Setelah diketahui tebal minimal rusuk maka perancang menentukan dimensi rusuk dengan tebal 3 mm dan lebar 15 mm. Lalu dengan diketahui dimensi rusuk *fuselage* maka dapat dihitung tegangan kritis sebelum mengalami kegagalan menggunakan formula *plate buckling*, dan didapatkan hasil sebesar 1235,540544 MPa sebelum mengalami kegagalan.

Pada perhitungan struktur penopang, akan dilakukan teknik portal metode Takabeya. Pembebanan yang akan diberikan terhadap struktur penopang adalah beban dari sayap yang memiliki massa sebesar 7 kg, dan pembebanan akan dalam kondisi 5G sehingga menjadi 35 kg yang tersebar merata sepanjang batang horizontal penopang sebesar 73 mm. Dimensi dari struktur penopang dapat dilihat pada Gambar 4.

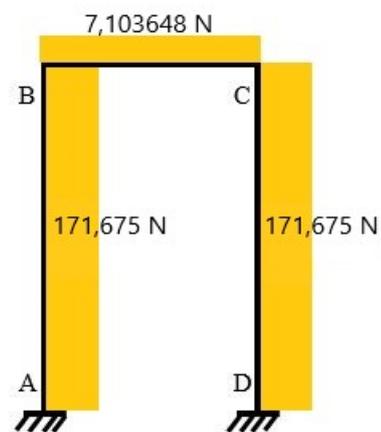


Gambar 4. Dimensi Struktur Penopang

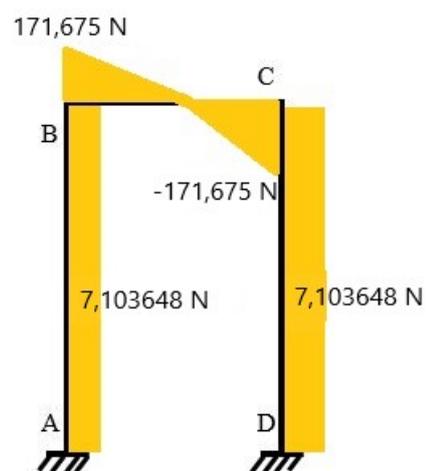
Setelah diketahui dimensi struktur penopang maka akan dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan teknik portal metode Takabeya agar mendapatkan gaya pada setiap sendi. Ketika perhitungan teknik portal metode Takabeya telah selesai dihitung maka dapat dibuat DBB (Diagram Benda Bebas), diagram gaya normal, diagram gaya geser, dan diagram momen lentur yang dapat dilihat pada Gambar 5., Gambar 6., Gambar 7., dan Gambar 8.



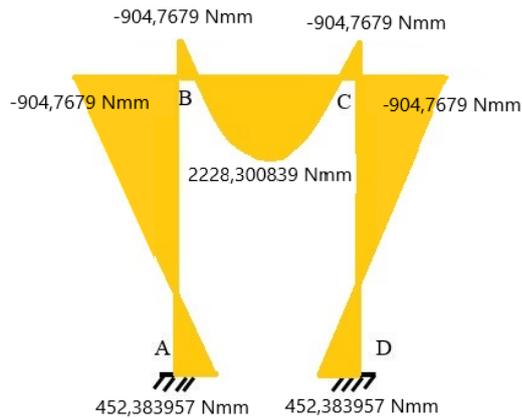
Gambar 5. DBB Struktur Penopang



Gambar 6. Diagram Gaya Normal



Gambar 7. Diagram Gaya Geser



Gambar 8. Diagram Momen Lentur

Berdasarkan diagram gaya geser, dapat diketahui bahwa tegangan kritis ada pada balok BC dan dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\tau = \frac{V \times A \times \bar{y}}{I_z \times t} \quad (2)$$

Keterangan:

- V = Gaya tumpuan (N)
- A = Luas area (mm^2)
- \bar{y} = Titik tengah tinggi benda (mm)
- I_z = Inersia benda (mm^4)
- t = Tebal (mm)

Dengan menggunakan V sebesar 171,675 N, A sebesar $10,5 \text{ mm}^2$, \bar{y} sebesar 3,5 mm, I_z sebesar $85,75 \text{ mm}^4$, dan t sebesar 3 mm maka didapatkan tegangan kritis sebesar 24,525 MPa. Nilai tegangan kritis akibat gaya geser masih lebih kecil dibandingkan tegangan izin sebesar 25,2808 MPa, sehingga tegangan kritis akibat gaya geser dapat dinyatakan aman.

Berdasarkan diagram gaya normal juga dapat diketahui bahwa tegangan kritis terdapat pada balok BC dan dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\sigma_{1,2,3} = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

- F = Gaya (N)
- A = Luas area (mm^2)

Dengan menggunakan data F sebesar 7,103647 N dan A sebesar 21 m^2 maka didapatkan tegangan kritis akibat gaya normal sebesar 0,338268 MPa.

Begitu pula dengan diagram momen lentur, ketika diamati maka dapat diketahui bahwa tegangan kritis ada pada balok BC dan dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I_z} \quad (4)$$

Keterangan:

- M = Momen (Nmm)
- y = Titik tengah tinggi benda (mm)
- I_z = Inersia benda (mm^4)

Dengan menggunakan data $M_{maksimum}$ pada titik tengah balok BC sebesar 2228,300839 Nmm, y sebesar 3,5 mm, dan I_z sebesar $85,75 \text{ mm}^4$ maka didapatkan tegangan kritis akibat momen lentur sebesar 90,951054 MPa. Setelah tegangan kritis gaya geser dan momen lentur diketahui maka dapat dicari tegangan gabungan terbesar sebesar 91,289323 MPa. Nilai dari tegangan kritis gabungan ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan izin material *fiberglass* yang memiliki nilai sebesar 139,2733 MPa, sehingga tegangan gabungan akibat gaya geser dan momen lentur dapat dinyatakan aman.

Pada penelitian ini simulasi dilakukan terhadap struktur penopang dan *fuselage* secara keseluruhan dengan beban lengkap kecuali sayap *drone*. Sebelum dilakukan simulasi, perlu diketahui mengenai *mesh size* yang tepat agar hasil *output* mendekati nilai yang sebenarnya, oleh karena itu akan digunakan metode *mesh independence test* sebagaimana simulasi akan dilakukan *refinement* berulang kali hingga perubahan data maksimum *stress plot* antara satu data dengan data berikutnya berada di bawah 2% secara berurutan.

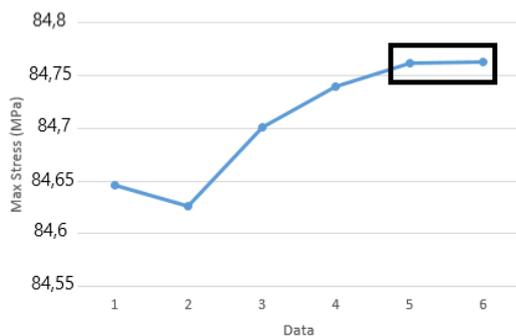
Pada simulasi struktur penopang, data *mesh independence test* dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Gambar 9.

Tabel 2. Tabel *Mesh Independence Test* Struktur Penopang (*Max Stress*)

Data	Mesh Size (mm)	Max dis. (mm)	Selisih (mm)	Persentase perubahan (%)
1	2,5	0,517		
2	2	0,516	0,001	0,193
3	1,5	0,516	0	0,000
4	1	0,516	0	0,000
5	0,5	0,515	0,001	0,194
6	0,4	0,515	0	0,000

Tabel 3. Tabel *Mesh Independence Test* Struktur Penopang (*Max Displacement*)

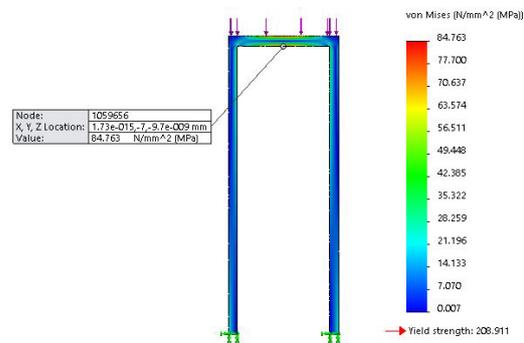
Data	Mesh Size (mm)	Max Stress (MPa)	Selisih (MPa)	Persentase perubahan (%)
1	2,5	84,646		
2	2	84,626	0,02	0,024
3	1,5	84,701	0,075	0,089
4	1	84,74	0,039	0,046
5	0,5	84,762	0,022	0,026
6	0,4	84,763	0,001	0,001



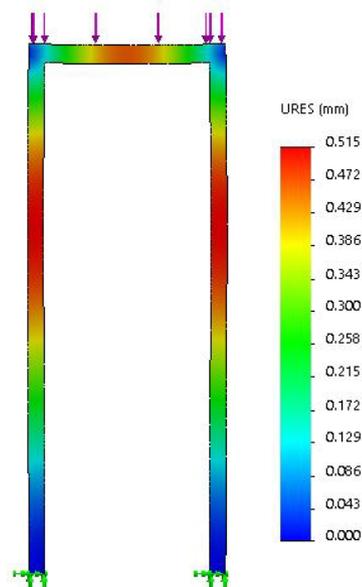
Gambar 9. Grafik *Mesh Independence Test* Struktur Penopang

Berdasarkan data di atas, simulasi pada struktur penopang akan menggunakan *mesh size* sebesar 0,4 mm dikarenakan perubahan data antara satu dengan berikutnya telah berada di bawah 2% secara berurutan dan *mesh size* 0,4 mm memiliki data grid terbesar yaitu 895468. Sehingga untuk hasil simulasi struktur penopang terhadap beban sayap pesawat dalam

kondisi 5G dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. *Stress Plot* Struktur Penopang



Gambar 11. *Displacement Plot* Struktur Penopang

Berdasarkan hasil simulasi struktur penopang di atas, maka dapat diketahui bahwa tegangan terbesar terjadi sebesar 84,763 MPa dan *displacement* terbesar yaitu sebesar 0,515 mm. Lalu jika diperhatikan nilai tegangan terbesar hasil simulasi yaitu 84,763 MPa dan hasil perhitungan teoretis tegangan gabungan yang memiliki nilai sebesar 90,612785 MPa (baik tegangan simulasi dan tegangan gabungan yang dibandingkan, keduanya memiliki arah tarik) memiliki nilai yang tidak jauh berbeda yaitu sebesar 6,46% dan dikarenakan perbedaan ini masih di bawah 10% maka hasil simulasi

dinyatakan valid. Untuk *maximum stress* struktur penopang yang memiliki nilai sebesar 84,763 MPa ini masih memiliki nilai di bawah tegangan izin sebesar 139,2733 MPa sehingga dinyatakan aman, dan untuk *maximum displacement* yang memiliki nilai sebesar 0,515 mm dapat terbilang kecil bahkan dalam kondisi pembebanan 5G sehingga dinyatakan aman.

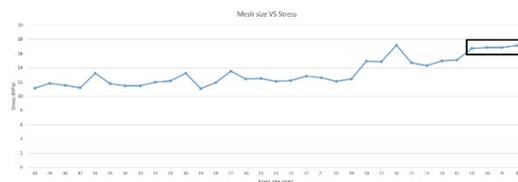
Kemudian untuk simulasi keseluruhan *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT, mula-mula juga akan menentukan *mesh size* yang tepat dengan metode *mesh independence test*. Data dari *mesh independence test fuselage* versi maritim dapat dilihat pada Tabel 4., Tabel 5., dan Gambar 12.

Tabel 4. Tabel Mesh Independence Test Fuselage Versi Maritim (Max Stress).

Mesh Size (mm)	Max Stress (MPa)	Selisih (MPa)	Persentase perubahan (%)
40	11,13		
39	11,836	0,706	6,343
38	11,572	0,264	2,23
37	11,234	0,338	2,921
36	13,223	1,989	17,705
35	11,79	1,433	10,837
34	11,506	0,284	2,409
33	11,504	0,002	0,0174
32	11,975	0,471	4,094
31	12,186	0,211	1,762
30	13,232	1,046	8,584
29	11,069	2,163	16,347
28	11,926	0,857	7,742
27	13,55	1,624	13,617
26	12,427	1,123	8,288
25	12,5	0,073	0,587
24	12,11	0,39	3,12
23	12,245	0,135	1,115
22	12,83	0,585	4,777
21	12,616	0,214	1,668
20	12,109	0,507	4,019
19	12,47	0,361	2,981
18	14,942	2,472	19,824
17	14,86	0,082	0,549
16	17,209	2,349	15,808
15	14,729	2,48	14,411
14	14,332	0,397	2,695
13	15,012	0,68	4,745
12	15,119	0,107	0,713
11	16,734	1,615	10,682
10	16,84	0,106	0,633
9	16,837	0,003	0,018
8	17,142	0,305	1,811

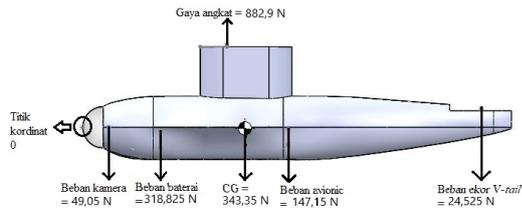
Tabel 5. Tabel Mesh Independence Test Fuselage Versi Maritim (Max. Displacement)

Mesh Size (mm)	Max dis. (mm)	Selisih (mm)	Persentase perubahan (%)
40	0,554		
39	0,557	0,003	0,542
38	0,556	0,001	0,18
37	0,557	0,001	0,18
36	0,555	0,002	0,359
35	0,557	0,002	0,36
34	0,565	0,008	1,436
33	0,561	0,004	0,708
32	0,561	0	0
31	0,562	0,001	0,178
30	0,556	0,006	1,068
29	0,556	0	0
28	0,574	0,018	3,237
27	0,571	0,003	0,523
26	0,57	0,001	0,175
25	0,573	0,003	0,526
24	0,576	0,003	0,524
23	0,575	0,001	0,174
22	0,575	0	0
21	0,579	0,004	0,696
20	0,581	0,002	0,345
19	0,589	0,008	1,377
18	0,59	0,001	0,17
17	0,588	0,002	0,339
16	0,592	0,004	0,68
15	0,597	0,005	0,845
14	0,597	0	0
13	0,599	0,002	0,335
12	0,601	0,002	0,334
11	0,604	0,003	0,499
10	0,607	0,003	0,497
9	0,609	0,002	0,329
8	0,614	0,005	0,821



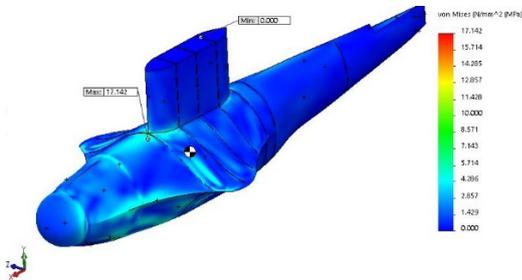
Gambar 12. Grafik Mesh Independence Test Fuselage Versi Maritim

Berdasarkan data *mesh independence test fuselage* versi maritim di atas, simulasi pada *fuselage* versi maritim akan menggunakan *mesh size* sebesar 8 mm dikarenakan perubahan data antara satu dengan berikutnya telah berada di bawah 2% secara berurutan dan *mesh size* 8 mm memiliki data grid terbesar yaitu 355429. Pembebanan pada simulasi *fuselage* versi maritim akan nampak sesuai pada Gambar 13.

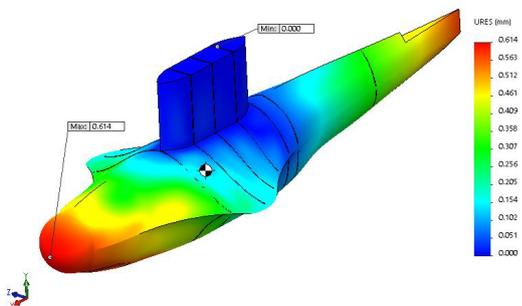


Gambar 13. Pembebanan 5G terhadap Fuselage Versi Maritim

Sehingga setelah lokasi serta besar nilai pembebanan pada *fuselage* versi maritim diketahui dan juga *mesh size* yang akan digunakan, maka simulasi dapat dilakukan. Hasil simulasi *fuselage* versi maritim dapat dilihat pada Gambar 14. dan Gambar 15.

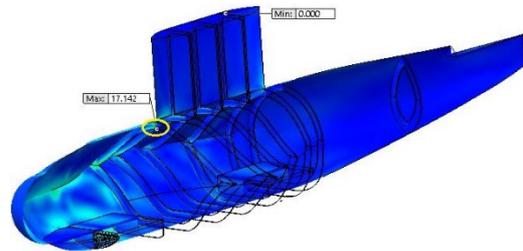


Gambar 14. Stress Plot Fuselage Versi Maritim



Gambar 15. Displacement Plot Fuselage Versi Maritim

Berdasarkan hasil simulasi dari *fuselage* versi maritim maka dapat diketahui bahwa tegangan terbesar ada pada rusuk pertama *fuselage* dengan nilai sebesar 17,142 MPa dan nilai tegangan terbesar ini masih jauh dari batas tegangan izin yang telah ditetapkan sebesar 139,2733 MPa, sehingga pembebanan 5G berdasarkan *output* tegangan dapat dinyatakan aman. Visualisasi dari lokasi tegangan maksimum pada *stress plot* dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Lokasi Tegangan Maksimum Simulasi Fuselage

Kemudian untuk *displacement* terbesar memiliki nilai sebesar 0,614 mm dengan lokasi ada pada titik kordinat 0. Nilai *displacement* terbesar pada simulasi *fuselage* ini dapat terbilang kecil dengan adanya kondisi pembebanan 5G, oleh karena itu simulasi *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dengan kondisi pembebanan 5G dapat dinyatakan aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan, perhitungan teoretis, dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perancangan *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dengan volume di bawah *waterline* sebesar 30 liter telah berhasil dilakukan dan disetujui oleh pihak PT. Famindo Inovasi Teknologi dengan jenis struktur *monocoque* dan material *fiberglass*. Kemudian hasil perancangan *fuselage* versi maritim dari prototipe UAV V5 produksi PT. FIT dapat menahan pembebanan 5G dengan *maximum stress* sebesar 17,142 MPa dan *maximum displacement* sebesar 0,614 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sadraey, *Unmanned Aircraft Design: A Review of Fundamentals*. California: Morgan & Claypool, 2017.
- [2] J. Sup Um, *Drones as Cyber-Physical Systems*. Singapore: Springer, 2019.
- [3] Federal Aviation Administration, *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*. New York: Skyhorse Publishing, 2009.
- [4] S. HM, *Perhitungan Portal Bertingkat dengan cara TAKABEYA*, 3rd ed. Jakarta: Soetomo HM, 1981.
- [5] S. A. Prabowo, *Easy to Use Solidworks 2009*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET, 2009.
- [6] Delta Composites, L.L.C., "Design Manual Fiberglass Grating And Structural Products," *U. S.*, pp. 20–21.