

DESAIN STRUKTUR *FLOAT* PESAWAT AMFIBI

¹Sigit Adhi Nugroho, ²Haris Ardianto, ³Hery Setiawan

Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

Abstrak

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) berkerja sama dengan PT Dirgantara Indonesia (PT DI) berupaya mengembangkan pesawat N219 menjadi pesawat amfibi. Pengembangan tersebut membutuhkan penambahan komponen pada pesawat yaitu float agar dapat lepas landas dan mendarat di air. Pengembangan tersebut mempertimbangkan struktur float yang harus mengurangi beban float. Pada penelitian ini dilakukan analisis nilai stress dan ketebalan float yang akan diubah kedalam berat float. Simulasi Finite Element Method (FEM) dengan perangkat lunak ABAQUS 6.14. Metode yang digunakan yaitu dengan mensimulasikan desain float dengan material Aluminium 6061-T6 dan material Komposit Carbon/Epoxy. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa ketebalan material akan mempengaruhi nilai stress float. Semakin tebal float maka nilai stress akan semakin kecil. Material Komposit Carbon/Epoxy mampu mengurangi berat float sebesar 14.7 % dibandingkan material Aluminium 6061-T6. Dengan nilai efisiensi tersebut, material komposit layak diperhitungkan dalam mengganti material float tanpa mengurangi kekuatan float tersebut.

Kata Kunci: *pesawat amfibi, float, aluminium, komposit*

Abstract

The National Aeronautics and Space Agency (LAPAN) in collaboration with PT Dirgantara Indonesia (PT DI) seeks to develop N219 aircraft into seaplanes. The development requires the addition of components on the aircraft that is float in order to take off and land on water. The development considers the float structure which should reduce the float load. In this study an analysis of the stress value and thickness of the float will be converted into the weight of the float. Simulation of Finite Element Method (FEM) with ABAQUS 6.14 software. The method used is to simulate the design of the float with Aluminum 6061-T6 material and Carbon / Epoxy Composite material. From the simulation results obtained that the thickness of the material will affect the value of the stress float. The thicker the float, the smaller the stress value will be. Carbon / Epoxy Composite Materials can reduce float weight by 14.7% compared to Aluminum 6061-T6 material. With this efficiency value, the composite material is worth considering in replacing the float material without reducing the strength of the float.

Keywords: *seaplane, float, aluminum, composite*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki geografis kepulauan yang terdiri dari banyak pulau yang dipisahkan oleh laut. Untuk memenuhi kebutuhan antar pulau dibutuhkan transportasi yang dapat menyatukan pulau-pulau tersebut. Transportasi yang tersedia antara lain kapal laut dan pesawat udara. Belum meratanya optimasi potensi pantai untuk mendukung distribusi barang dan orang oleh kapal laut menjadi kendala. Sedangkan untuk pesawat udara belum banyak pulau-pulau di Indonesia yang memiliki landasan pacu untuk mendukung distribusi lewat jalur udara. Pesawat amfibi mungkin bisa mengatasi kurangnya infrastruktur dan alat transportasi di Indonesia yang berbentuk kepulauan. Pesawat amfibi merupakan pesawat udara yang mampu lepas landas dan mendarat di darat dan air (Nugroho *et al.*, 2019).

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) berupaya mengembangkan pesawat N219 menjadi pesawat amfibi bekerja sama dengan PT Dirgantara Indonesia (DI) serta Badan Pengkajian

¹ Email Address : Sigitadhinugroho16@gmail.com

Received 3 Desember 2020, Available Online 30 Desember 2020

dan Penerapan Teknologi (BPPT). Pengembangan ini membutuhkan penambahan komponen yaitu *float* pesawat agar dapat lepas landas dan mendarat di air (Zhacky, 2018).

Pengembangan struktur *float* harus mempertimbangkan material yang dipilih untuk mengoptimalkan pesawat tersebut. Jika tidak tepat memilih bahan material yang akan digunakan untuk bahan *float* akan menimbulkan pengurangan daya angkat yang dihasilkan oleh pesawat ini sebelumnya. Pengembangan tersebut dibutuhkan pengujian untuk mengetahui bagaimana karakteristik dari bahan yang dipakai untuk *float* tersebut. Pengembangan struktur *float* juga harus mengacu pada peraturan CASR (Civil Aviation Safety Regulation) yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Pengujian dapat dilakukan menggunakan berbagai cara, diantaranya penggunaan perangkat lunak dalam melakukan simulasi pengujian serta melakukan pengujian eksperimen. Pengujian menggunakan perangkat lunak dimaksudkan untuk memperoleh hasil yang dapat di bandingkan dengan uji eksperimen. Jika hasil simulasi mendekati hasil dari pengujian eksperimen tentu akan mengurangi waktu dan biaya yang dikeluarkan untuk uji eksperimen dan mempercepat pengembangan. Penelitian tentang penggunaan material dalam pemodelan struktur *float* menggunakan simulasi sangatlah penting. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan simulasi dan analisis pemodelan struktur *float* pada pesawat amfibi.

Tinjauan Pustaka

Floater pada pesawat amfibi

Pesawat amfibi didefinisikan sebagai pesawat terbang yang dirancang untuk dapat lepas landas dan mendarat di air. Untuk dapat lepas landas dan mendarat di air, pesawat amfibi membutuhkan pelampung (*floater*) sebagai pengganti roda pesawat yang biasanya dioperasikan di darat (Nugroho *et.al*, 2019). Diudara pesawat amfibi dioperasikan dan dikendalikan layaknya pesawat pada umumnya, yang menjadi perbedaan satu-satunya antara pesawat amfibi dengan pesawat biasa adalah pemasangan pelampung (*floater*) bukan roda. Terdapat dua jenis *floater* yang digunakan pada pesawat amfibi yaitu *single float* dan *twin float*. **Struktur desain floater**

Banyak istilah yang menggambarkan *floater* yang datang dari manufaktur kapal. Hanya saja pada pesawat amfibi memiliki istilah yang berbeda dari kapal. Penelitian dan pengalaman yang telah dilakukan telah meningkatkan desain *floater* selama bertahun-tahun. Konstruksi dan material yang digunakan sudah mengalami perubahan dan selalu mengunggulkan kekuatan dan bobot yang ringan dari *floater*. *Floater* dan *hull* dirancang dengan hati-hati untuk mengoptimalkan kinerja hidrodinamik dan aerodinamis (Federal Aviation Administration, 2013).

Regulasi terkait dengan desain floater

Desain struktur *floater* diatur dalam CASR (Civil Aviation Safety Regulation) part 23 amandemen 2. Peraturan ini menjelaskan tentang standar kelaikan udara untuk pesawat terbang dalam kategori *normal*, *utility*, *acrobatic*, dan *commuter category airplanes*. Dalam penelitian ini pesawat yang dipakai termasuk dalam jenis pesawat *utility* yaitu pesawat terbang yang memiliki konfigurasi tempat duduk (tidak termasuk kursi pilot) sembilan atau lebih dengan *maximum takeoff weight* sebesar 12.500 pound atau kurang. Dalam penelitian ini, pesawat terbang yang dibuat adalah pesawat terbang jenis amfibi yang dijelaskan pada CASR part 23.521 tentang *water load*. Strukturpesawat amfibi harus dirancang untuk *water loads* yang dikembangkan selama lepas landas dan mendarat dengan pesawat amfibi dalam attitude apa pun yang mungkin terjadi dalam operasi normal pada kecepatan gerak maju dan tenggelam yang sesuai di bawah kondisi laut paling parah yang mungkin dihadapi (Director General of Civil Aviation, 2014).

Water reaction load factors UntukUntuk kasus *step landing*

$$n(w) = \frac{C_1 V_{so}^2}{\tan^{\frac{2}{3}} \beta W^{\frac{1}{3}}} \quad (1)$$

Untuk kasus *bow* dan *stern landing*

$$n(w) = \left(\frac{C_1 V_{so}^2}{\tan^{\frac{2}{3}} \beta W^{\frac{1}{3}}} \right) \left(\frac{K_1}{[1+px^2]^{\frac{2}{3}}} \right) \quad (2)$$

Unflared bottomUntuk *unflare bottom*, tekanan pada *chine* adalah 0,75 kali lipat dari tekanan pada *keel* dan tekanan antara *keel* dan *chine* bervariasi linear.

$$Pk = \frac{C_2 k_2 V_{si}^2}{\tan(\beta k)} \quad (3)$$

Flared bottomUntuk *flared bottom*, tekanan diawal *flared* sama seperti pada *unflared bottom*, dan tekanan antara *chine* dan awal *flared* bervariasi secara linear.

$$Pk = \frac{C_3 k_2 V_{si}^2}{\tan(\beta)} \quad (4)$$

Symmetrical pressureUntuk persamaan *symmetrical pressure* adalah sebagai berikut.

$$Pk = \frac{C_4 k_2 V_{so}^2}{\tan(\beta)} \quad (5)$$

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode analisis numerik yang mana dilakukan simulasi desain struktur *float* untuk mengetahui kekuatan *float* terhadap beban *impact*. Data nilai yang dicari pada penelitian ini adalah, *stress* yang akan di konfersikan kedalam beban material yang digunakan. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan desain *float* dan menentukan material yang digunakan, pada penelitian ini menggunakan dua jenis material yang akan dibandingkan yaitu aluminium 6061-T6 dan *carbon/epoxy*. Untuk *properties* material yang akan diuji tertampil pada Tabel 1 dan Tabel 2.

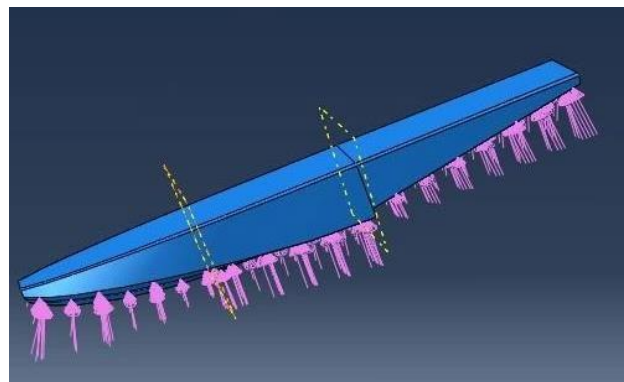
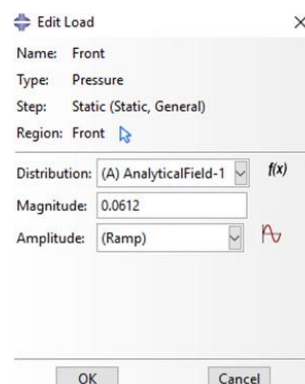
Tabel 1. Properties material aluminium 6061-T6

Parameter	Keterangan
<i>Density</i>	0.0000000027 Ton/mm ³
<i>Young Modulus</i>	68.900 MPa
<i>Yield Stress</i>	276 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa
<i>Plastic Strain</i>	0.12
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33
<i>Shear Strength</i>	207 MPa

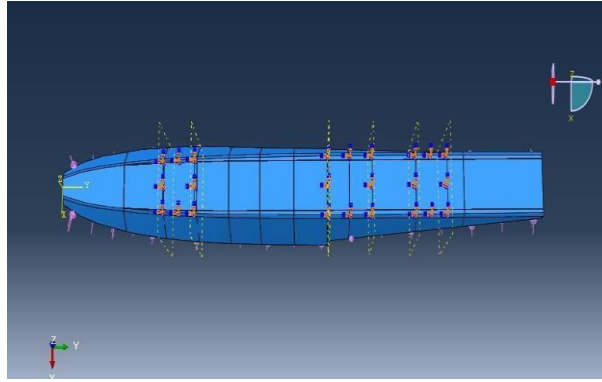
Tabel 2. Properties material komposit carbon/epoxy

Parameter	Keterangan
<i>Density</i>	$1.49 \times 10^{-9} \text{ Ton/mm}^3$
<i>Elastic Modulus E1</i>	121000 MPa
<i>Elastic Modulus E2</i>	8600 MPa
<i>Elastic Modulus E3</i>	8600 MPa
<i>Poisson Ratio Nu12</i>	0.27 MPa
<i>Poisson Ratio Nu13</i>	0.27 MPa
<i>Poisson Ratio Nu23</i>	0.4 MPa
<i>Shear Modulus G12</i>	4700 MPa
<i>Shear Modulus G13</i>	4700 MPa
<i>Shear Modulus G23</i>	3100 MPa

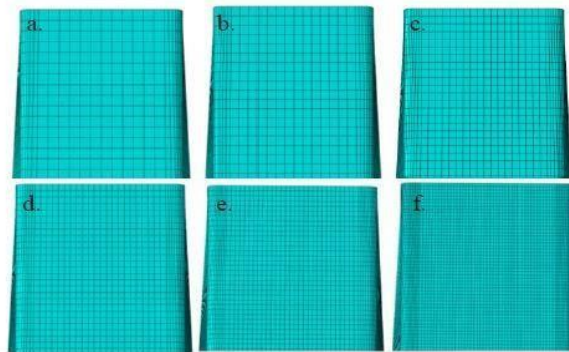
Setelah menentukan *properties* dari masing-masing material, maka langkah selanjutnya adalah menentukan distribusi tekanan pada *float* sesuai dengan CASR part 23.251. Distribusi tekanan pada *floater* akan dibagi menjadi 3 bagian seperti pada Gambar 1, pembagiannya yaitu *Front Load*, *Mid Load* dan *Rear Load* untuk memudahkan menginput data ke aplikasi Abaqus, kemudian memasukkan nilai *equation* seperti pada Gambar 2 untuk menentukan distribusi *pressure* yang didapat dengan menggunakan grafik antara panjang *floater* dengan *pressure*.

**Gambar 1. Distribusi pressure front load, mid load dan rear load****Gambar 2. Equation pada perangkat lunak Abaqus**

Kemudian menentukan *boundart condition* untuk menentukan *strut* dengan asumsi yang digunakan oleh peneliti yaitu dengan acuan datum Lf seperti pada Gambar 3. Kemudian melakukan proses *meshing* pada geometri *floater* seperti tertampil pada Gambar 4, pada penelitian ini *meshing* yang digunakan 6 ukuran yaitu 70, 60, 50, 40, 30, dan 20.



Gambar 3. Penentuan *Strut* dengan Acuan Datum Lf



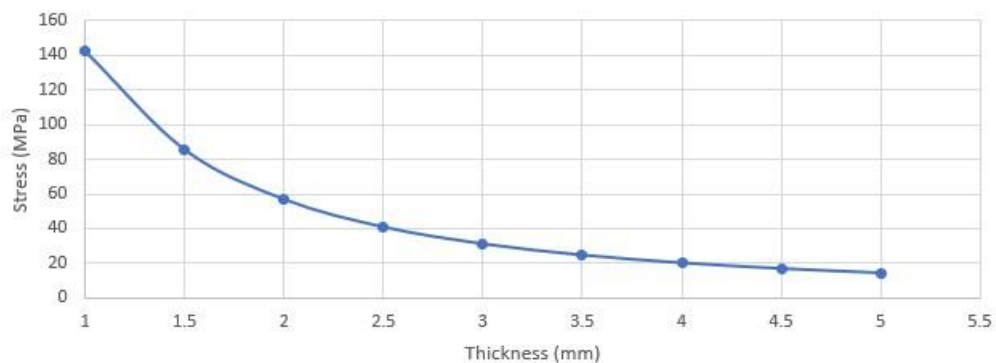
Gambar 4. Ukuran *meshing* (a. 70; b. 60; c. 50; d. 40; e. 30; f. 20)

Proses selanjutnya yaitu melakukan *running job* pada perangkat lunak ABAQUS untuk material aluminium 6061-T6 untuk selanjutnya diamati hasil data *stress* yang tertampil. Kemudian melakukan proses *running job* pada material carbon/epoxy dengan memperhatikan nilai *stress* pada material aluminium 6061-T6. Menentukan berat *float* dari kedua jenis material

Hasil dan Pembahasan

Material aluminium 6061-T6

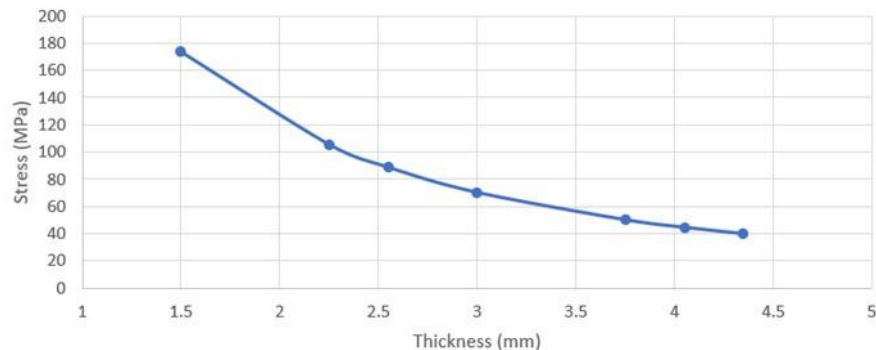
Setelah proses tahapan *running job* material Aluminium 6061-T6 pada perangkat lunak ABAQUS, didapatkan hasil nilai *stress* dari beberapa variasi ketebalan material tersebut. Pada Gambar 5 merupakan pengaruh nilai ketebalain pada *float* terhadap nilai *stress*. Semakin tebal material ini dipakai akan semakin rendah nilai *stress* yang didapat oleh *float*.



Gambar 5. Grafik antara ketebalan dengan *stress* material aluminium 6061-T6

Carbon epoxy 3 layer dengan variasi ketebalan per-layer

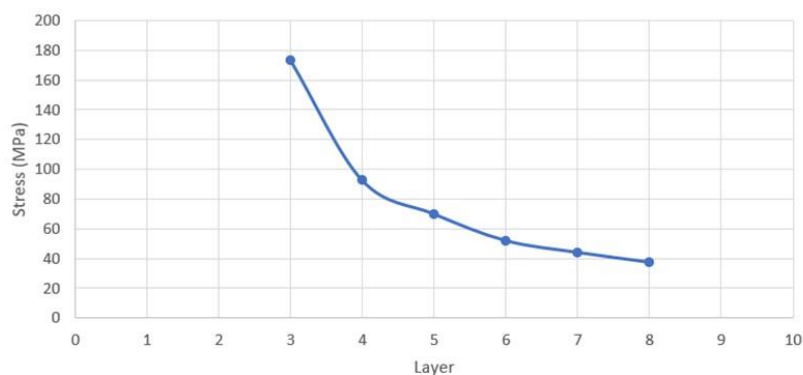
Carbon/epoxy dengan jumlah *layer* 3 dan divariasikan ketebalan per-*layer*. Arah orientasi serat yang digunakan pada simulasi ini yaitu 0,+45 dan 90. Pemilihan arah serat ini ditujukan untuk memperkuat beban yang didapat oleh *floater*. Pada Gambar 6 terlihat grafik ketebalan *floater* mempengaruhi nilai *stress* seperti halnya pada material aluminium 6061-T6. Nilai ketebalan berbanding terbalik dengan nilai *stress* yang didapat pada material komposit ini.



Gambar 6. Grafik antara ketebalan dengan *stress* carbon/epoxy 3 layer dengan variasi ketebalan per-layer

Carbon/epoxy ketebalan layer 0.5 mm dengan variasi jumlah layer

Material yang digunakan pada simulasi ini sama dengan simulasi sebelumnya hanya untuk variasi yang digunakan yaitu jumlah *layer*, akan tetapi ketebalan tiap *layer* sama yaitu 0.5 mm. Material komposit pada simulasi ini didapatkan nilai *stress* yang berbeda dengan nilai *stress* pada simulasi sebelumnya. Simulasi Carbon/Epoxy dengan mengubah ketebalan layer tanpa mengubah jumlah *layer* mendapatkan nilai *stress* lebih besar daripada simulasi carbon/epoxy dengan mengubah jumlah *layer* tanpa mengubah ketebalan tiap *layer*. Ketebalan 3 mm pada simulasi pertama didapatkan nilai *stress* 70.26 MPa, sedangkan pada simulasi kedua pada ketebalan yang sama didapatkan nilai *stress* sebesar 52.28 MPa. Perbandingan kedua simulasi ini membuktikan bahwa material komposit jenis carbon/epoxy akan lebih baik menggunakan lebih banyak *layer* tanpa harus mengubah ketebalan per-*layer*.

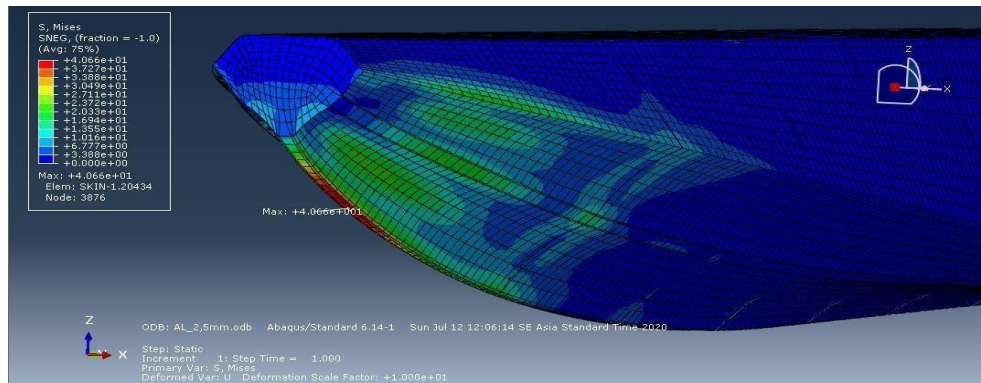


Gambar 7. Grafik antara jumlah *layer* dengan *stress* carbon/epoxy ketebalan layer 0.5 mm dengan variasi jumlah *layer*

Tegangan pada keel

Stress pada bagian ini merupakan tegangan tertinggi daripada semua bagian *floater* dikarenakan pada bagian ini merupakan bagian *station weighing factor* dengan nilai K tertinggi. Sebagai contoh, pada simulasi Aluminium 6061-T6 dengan ketebalan spesimen 2,5 mm terjadi tegangan pada

bagian *keel* sebesar 40.66 MPa. Bagian ini dapat di perkuat dengan material yang sama dengan ketebalan yang lebih tebal atau dengan material lain yang lebih kuat untuk menghindari kerusakan pada bagian *keel floater* pesawat amfibi.



Gambar 8. Stress pada bagian keel floater

Optimasi pemilihan material

Simulasi *floater* pada penelitian ini didapatkan massa material dengan mempertimbangkan nilai *stress* masing-masing material. Nilai *stress* sebagai nilai acuan adalah nilai *stress* material aluminium 6061-T6 dengan menentukan nilai *safety factor* 1/3 dari nilai *yield stress* material aluminium 6062-T6 sebesar 276 MPa dengan hasil 92 MPa. Material aluminium 6061-T6 didapatkan hasil *stress* 85.39 MPa dengan ketebalan spesimen sebesar 1.5 mm. Material komposit carbon/epoxy dengan 3 *layer* dengan variasi ketebalan per-*layer* didapatkan nilai *stress* sebesar 88.75 MPa dengan ketebalan 2.55 mm. Material komposit carbon/epoxy dengan ketebalan *layer* 0.5 mm dengan variasi jumlah *layer* mendapatkan nilai *stress* sebesar 92.78 dengan ketebalan 2 mm. Massa *floater* dapat dihitung dengan perangkat lunak ABAQUS dengan hasil per-material. Material aluminium 6061-T6 dengan ketebalan 1.5 mm mendapatkan massa sebesar 237.824 kg. Material komposit carbon/epoxy dengan mengubah ketebalan *layer* mendapatkan massa 223.114 kg dengan ketebalan 2.55 mm, sedangkan pada material komposit carbon/epoxy dengan mengubah jumlah *layer* mendapatkan hasil massa sebesar 174.992 kg dengan ketebalan 2 mm.

Tabel 3. Massa floater

<i>Massa Floater</i>			
Jenis Material	Ketebalan (mm)	<i>Stress</i> (MPa)	<i>Massa</i> (Kg)
Aluminium 6061-T6	1.5	85.39	237.824
Carbon/Epoxy 3 <i>layer</i>	2.55	88.75	223.114
Carbon/Epoxy per 0.5 mm	2	92.78	174.992

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan *floater* yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan mengenai simulasi yaitu,

1. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada *floater* pesawat amfibi didapatkan nilai *stress* pada masing masing material. Nilai *stress* dipengaruhi oleh ketebalan *floater*. Semakin besar ketebalan *floater*, maka nilai *stress* yang didapatkan semakin kecil. Hal ini dibuktikan pada simulasi jenis material aluminium 6061-T6 dan material komposit carbon/Epoxy.
2. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, letak nilai tegangan tertinggi pada desain *floater* terdapat pada bagian *keel*. Bagian ini merupakan bagian dengan nilai K pada *station weighting* faktor

tertinggi. Untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan menambah ketebalan pada area *keel* yang mendapatkan tekanan maksimal.

3. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, pemilihan material sangat mempengaruhi berat dari *floater* tersebut. Jenis material aluminium 6061-T6 mendapatkan berat sebesar 237.824 kg, sedangkan jenis material komposit mendapatkan nilai berat sebesar 174.992 kg. Selisih berat antara kedua material tersebut sebesar 62.832 kg. Efisiensi berat material jika menggunakan komposit carbon/epoxy tersebut mencapai 14.7 % dibandingkan dengan material aluminium. Dengan nilai efisiensi tersebut, jenis material komposit layak digunakan untuk mengganti material aluminium 6061-T6 agar mengurangi beban pada pesawat amfibi dengan menjaga kekuatan *floater* agar tetap kuat.

Daftar Pustaka

- Nugroho, W., Firdaus, N., Ali, B., & Nurhadi. (2019). Study on Fatigue Prediction of Composite Seaplane Flo at Based on The Porpoising Model Test Dat. *International Journal of Engineering and Science Applications*, 6(1), 42-47.
- Zhacky, M. (2018). Lapan dan PTDI Kembangkan N219 Jadi Pesawat Amfibi. *Detik News*.<https://news.detik.com/berita/d-4350937/lapandan-pt-di-kembangkan-n219-jadi-pesawat-amfibi>. 7 Maret 2020 (21.25)