

# ANALISA DESAIN KEKUATAN STRUKTUR *PART* KONEKTOR DAN *TUBE FRAME* UAV VTOL MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

<sup>1</sup> Mario Fernandez, <sup>2</sup> Dhimas Wicaksono, <sup>3</sup> Ferry Setiawan, <sup>4</sup> Muhammad Kevin Adam

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan material carbon fiber dan aluminium terhadap kekuatan struktur dari part tube dan konektor dengan mempertimbangkan faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisis. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan software solidworks. Penelitian yang dilakukan pada kondisi terbang stabil yaitu gaya berat UAV sama dengan gaya angkat UAV. Dari hasil desain frame diperoleh massa berat yaitu 25,6 kg. Dari hasil simulasi, tube dengan material carbon fiber dan aluminium 6061 alloy sama-sama memiliki kekuatan yang baik karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sebesar 15,71 MPa dan 15,64 MPa, dan nilai-nilai tersebut masih dibawah tegangan luluh material carbon fiber yaitu 551 MPa dan material aluminium 6061 alloy yaitu 55,1 MPa, dengan safety factor yang diperoleh 35 pada carbon fiber dan 3,5 pada aluminium 6061 alloy, dan displacement maksimum yaitu 0,056 mm untuk carbon fiber dan 0,812 mm untuk aluminium 6061 alloy. Sedangkan pada konektor dengan material carbon fiber dan aluminium 6061 alloy juga sama-sama memiliki kekuatan yang baik karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sebesar 4,266 MPa dan 4,139 MPa, dan nilai-nilai tersebut masih dibawah tegangan luluh material carbon fiber dan material aluminium 6061 alloy, dengan safety factor yang diperoleh 130 pada carbon fiber dan 3,5 pada aluminium 6061 alloy, dan displacement maksimum yaitu  $3.734 \times 10^{-5}$  mm pada carbon fiber dan  $5,416 \times 10^{-4}$  mm pada aluminium 6061 alloy. Penggunaan material carbon fiber pada tube dan konektor memiliki kekuatan yang lebih baik dari aluminium 6061 alloy, dikarenakan nilai safety factor yang diperoleh lebih besar.

**Kata kunci:** Tube dan konektor, metode elemen hingga, carbon fiber, aluminium 6061 alloy, safety factor

## Abstract

UAV The purpose of this study was to determine the effect of the use of carbon fiber and aluminum materials on the structural strength of the tube and connector parts by considering the safety factor obtained from the analysis results. This study uses the finite element method with the help of solidworks software. The research was conducted in stable flight conditions, namely the UAV's gravity was the same as the UAV's lift. From the results of the frame design, the weight mass is 25.6 kg. From the simulation results, the tube with carbon fiber material and aluminum 6061 alloy both have good strength because the maximum stress values that occur are 15.71 MPa and 15.64 MPa, and these values are still below the yield stress of carbon fiber material which is 551 MPa and aluminum 6061 alloy material, namely 55.1 MPa, with a safety factor obtained of 35 for carbon fiber and 3.5 for aluminum 6061 alloy, and a maximum displacement of 0.056 mm for carbon fiber and 0.812 mm for aluminum 6061 alloy. Whereas the connectors with carbon fiber and aluminum 6061 alloy materials also have good strength because the maximum stress values that occur are 4,266 MPa and 4,139 MPa, and these values are still below the yield stress of carbon fiber material and aluminum 6061 alloy material. with a safety factor obtained of 130 on carbon fiber and 3.5 on aluminum 6061 alloy, and the maximum displacement is  $3,734 \times 10^{-5}$  mm on carbon fiber and  $5,416 \times 10^{-4}$  mm on aluminum 6061 alloy. The use of carbon fiber material in tubes and connectors has better strength than aluminum 6061 alloy, due to the safety factor the value obtained is greater.

**Keywords:** Tube and connector, finite element method, carbon fiber, 6061 aluminum alloy, safety factor

## Pendahuluan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah sebuah wahana terbang tanpa pilot yang penerbangannya dikendalikan baik secara mandiri oleh komputer *onboard* atau dengan *remote control* dari pilot di *ground segment*. Saat ini pengembangan pesawat UAV telah banyak dilakukan baik yang mempunyai konfigurasi *fixed wing* maupun yang menggunakan model *rotary wing* yang memiliki *multi rotor*. Konfigurasi berikutnya adalah yang memanfaatkan masing-masing kelebihan dari 2 konfigurasi

<sup>1</sup>Email Address: [190302094@students.sttkd.ac.id](mailto:190302094@students.sttkd.ac.id)  
Received 5 Mei 2023, Available Online 30 Juli 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.871>

sebelumnya yaitu pesawat yang merupakan *fixed wing* yang dilengkapi dengan *multi rotor*. Pesawat ini mampu melakukan lepas landas (*take-off*) dan pendaratan secara vertikal (VTOL) serta kemampuan manuvernya yang fleksibel sehingga tidak memerlukan landasan yang panjang (Santoso & Saputra, 2020). *Frame* UAV merupakan kerangka yang membentuk struktur utama pesawat dan bertanggung jawab untuk menahan beban internal dan eksternal selama pengoperasian. Komponen konektor dan *tube* pada *frame* UAV VTOL adalah komponen penting dalam struktur UAV VTOL, yang bertanggung jawab untuk menyambungkan bagian-bagian utama dan mendistribusikan beban secara efisien. *Finite element analysis* (FEA) adalah metode numerik yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi respons struktur terhadap beban yang diberikan. Pada penelitian ini, *finite element analysis* digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur komponen konektor dan *tube* pada *frame* UAV VTOL. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, dan keandalan struktur.

Penelitian ini menggunakan variasi material, seperti *carbon fiber* dan aluminium. *Carbon fiber* adalah material yang memiliki kekuatan tinggi dan memiliki bobot yang ringan, sehingga sering digunakan dalam industri *aerospace* untuk komponen struktural yang ringan namun kuat. Sedangkan, aluminium merupakan salah satu jenis material yang umum digunakan dalam aplikasi struktural karena memiliki kekuatan yang baik dan keuletan yang tinggi. Variasi material dilakukan untuk membandingkan karakteristik kekuatan, kekakuan, dan berbagai parameter mekanik antara *carbon fiber* dan aluminium. Dengan begitu dapat mengetahui pengaruh penggunaan *carbon fiber* dan aluminium dalam desain struktur *part* konektor dan *tube* pada *frame* UAV VTOL. Hal ini dapat membantu dalam pemilihan material yang optimal untuk mencapai kombinasi kekuatan, kekakuan, dan bobot yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi UAV VTOL.

## Tinjauan Pustaka

### Pesawat tanpa awak (UAV) VTOL

Pesawat tanpa awak VTOL *fixed wing* merupakan sebuah pesawat bersayap dengan kemampuan lepas landas dan mendarat secara vertikal penuh seperti *quadrotor* dan mempunyai kemampuan jelajah seperti pesawat sayap tetap. Penggabungan dari keunggulan *quadrotor* dan pesawat *fixed wing* diimplementasikan menjadi sebuah pesawat *hybrid* VTOL *fixed wing* (Irmawan, 2017).

### Drone Dragon F320 eVTOL

Dragon F320 adalah drone tingkat industri yang dirancang untuk pemetaan dan inspeksi udara. Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dari drone Dragon F320 eVTOL

**Tabel 1. Spesifikasi Dragon F320 eVTOL drone**

Spesifikasi	Karakteristik
tipe	VTOL <i>Fixed wing</i>
<i>Length</i>	1855 mm
Bentang sayap	3200 mm
<i>Airframe weight</i>	3200 g
Material	<i>Carbon fiber</i> + <i>glass fiber</i> + PVC
MTOW	22 kg
Max payload	4 kg
Jenis motor <i>cruise</i>	<i>Pusher</i>
Jenis motor VTOL	Quadcopter

## Frame UAV VTOL

UAV VTOL dirancang dengan kerangka atau *frame* khusus yang memungkinkan UAV melakukan *manuver* lepas landas vertikal dan mendarat seperti helikopter dengan aman tanpa membutuhkan landasan pacu panjang. *Frame* UAV VTOL umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *fuselage*, *wing*, *tail*, *rotor* dan *landing skid*.

### *Finite Element Analysis*

*Finite Element Analysis* (FEA) adalah metode numerik yang digunakan untuk menganalisis perilaku struktural dan fenomena fisik lainnya. Cara kerja FEA adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen–elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Input data beban dan tumpuan, sedangkan outputnya diagram tegangan, regangan dan *displacement* (Hendrawan et al., 2018). Analisis struktur menggunakan metode elemen hingga bertujuan untuk menentukan struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh (*yield strenght*) material dalam menahan beban. Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan (*safety factor*) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah analisis (Wibawa, 2019).

### *Tube*

*Tube* atau batang VTOL pada UAV VTOL adalah komponen yang penting dalam desain dan operasi pesawat tanpa awak VTOL. *Tube* VTOL biasanya terletak di bagian bawah badan pesawat dan berfungsi sebagai elemen utama yang mendukung kekuatan angkat vertikal saat pesawat berada dalam mode lepas landas atau mendarat vertikal. *Tube* dirancang untuk menahan beban struktural, termasuk gaya angkat yang dihasilkan oleh motor. *Tube* VTOL harus dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti kekuatan, kekakuan, dan bobot. Material yang umumnya digunakan untuk membuat *tube* VTOL adalah bahan komposit atau logam, seperti aluminium atau titanium. Pemilihan bahan ini didasarkan pada pertimbangan kekuatan, ringan, dan ketahanan terhadap lingkungan dan gaya yang diterapkan.

### **Konektor**

Konektor pada UAV VTOL biasanya terletak di sepanjang spar sayap dan terhubung dengan *tube* VTOL. Konektor dirancang untuk memberikan penghubungan yang kuat dan stabil antara *tube* VTOL dan *spar* sayap, dan memastikan integritas struktural keseluruhan pesawat. Desain konektor dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan dan spesifikasi pesawat VTOL. Ketika konektor terhubung dengan *spar* sayap, maka konektor tersebut terhubung secara langsung dengan struktur utama sayap yang dirancang untuk menahan beban aerodinamis selama penerbangan. Oleh karena itu, konektor harus mampu menahan beban dan tekanan yang timbul, termasuk gaya angkat, gaya drag, dan beban struktural lainnya. Bahan yang biasanya digunakan pada konektor adalah logam yang ringan namun kuat, seperti aluminium atau titanium. Bahan ini dapat memberikan kekuatan yang diperlukan tanpa menambah berat yang signifikan pada pesawat.

### *Carbon fiber*

*Carbon fiber* merupakan serat dari karbon murni yang sangat kuat dalam ketegangan saat ditarik dan cukup fleksibel. Bahan ini memiliki kekuatan yang kuat namun memiliki bobot yang ringan. *Carbon fiber* memiliki kekuatan yang lebih kuat lima kali lipat dari baja dan dua kali lebih kaku. Material ini sangat cocok digunakan untuk berbagai macam jenis peralatan untuk kebutuhan manufaktur.

## Aluminium 6061 alloy

Aluminium *alloy* atau paduan adalah logam paduan dengan unsur utama aluminium. Aluminium paduan ini biasanya mengandung tembaga, magnesium, mangan, silikon, seng dan timah. Aluminium 6061 adalah paduan aluminium panas yang sangat fleksibel karena kandungan silikon dan magnesium. 6061 memiliki berbagai sifat tahan mekanik dan korosi serta memiliki sebagian besar kualitas aluminium yang baik. 6061 digunakan dalam banyak aplikasi mulai dari struktur pesawat, konstruksi kapal pesiar, badan truk, kerangka sepeda hingga sekrup bagian-bagian mesin.

## Metode Penelitian

Pengumpulan data adalah tahap awal yang akan dilakukan sebelum melakukan penelitian. Data yang dibutuhkan meliputi spesifikasi UAV VTOL, dan jenis beban yang terjadi dalam simulasi. Langkah berikutnya adalah melaksanakan simulasi menggunakan data yang telah diperoleh. Langkah terakhir melakukan analisis dari hasil simulasi

## Data input dan perhitungan beban

Penginputan data pada penelitian ini diperoleh dari study literatur yang dilakukan sebelum melakukan penelitian. Data-data tersebut berupa spesifikasi, geometri konektor dan tube/batang VTOL, data *properties* material yang digunakan dan analisis pembebanan statik.

Untuk mengetahui beban pada konektor dan *tube*/batang VTOL, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai gaya angkat yang terjadi pada UAV. Pembebanan yang terjadi dilakukan dalam kondisi terbang stabil, dimana gaya angkat yang terjadi sama dengan gaya berat. Berat UAV VTOL diperoleh dari massa berat keseluruhan, termasuk komponen elektronik dan *payload* yang dibawah oleh UAV. Massa berat keseluruhan dari UAV VTOL yaitu 25,6 kg. Dari data massa berat UAV, maka diperoleh besarnya gaya angkat yang terjadi pada kondisi terbang stabil, yaitu

$$L = W = m \cdot g = 25,6 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 256 \text{ N}$$

Keterangan :

L = Gaya angkat(N)

m = Massa (kg)

W= Gaya berat (N)

g = Gravitasi (10 m/s<sup>2</sup>)

Pembebanan terjadi pada setengah *frame* UAV VTOL. Maka diperoleh pembebanan yang terjadi pada konektor dan *tube* yaitu

$$L = 256 \text{ N} \times (0,5) = 128 \text{ N}$$

## Penentuan geometri

Penentuan geometri dan dimensi *frame* UAV VTOL dibuat berdasarkan acuan spesifikasi dari drone Dragon F320 eVTOL. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi rancangan desain *frame* UAV VTOL

**Tabel 2. Spesifikasi Rancangan Frame UAV VTOL**

Spesifikasi	Karakteristik
tipe	VTOL <i>fixed wing</i>
<i>Length</i>	1500 mm
Jenis sayap	<i>Tapered</i>
Bentang sayap	3200 mm
<i>Wing chord</i>	300
<i>Wing taper</i>	220

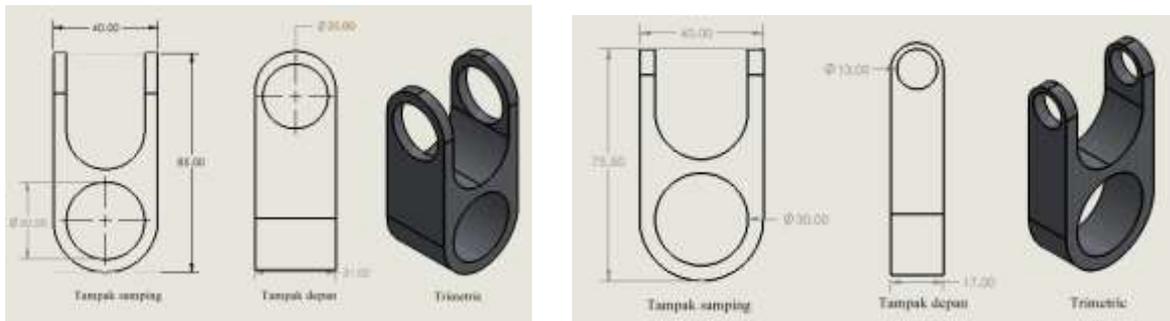
Panjang <i>fuselage</i>	800 mm
Lebar <i>fuselage</i>	260 mm
Jenis <i>tail</i>	V <i>tail</i>
Jenis motor <i>cruise</i>	Tractor
Jenis motor VTOL	Quadcopter

### Penentuan geometri dan dimensi *part* konektor dan *tube*

Pada *frame* UAV VTOL yang dirancang terdapat dua pasang konektor dengan dimensi yang berbeda yang menyatu pada *wing* kiri dan *wing* kanan. Geometri konektor berbentuk seperti huruf U. Bentuk tersebut di desain agar konektor dapat menyatu dengan *wing* dan *tube*. Tabel 3 menunjukkan dimensi rancangan dari komponen konektor. Dan gambar 1 menunjukkan geometri dan dimensi *part* konektor

**Tabel 3 Dimensi konektor frame UAV VTOL**

Komponen	Panjang	Lebar	Tebal	Diameter lubang <i>tube</i>	Diameter lubang <i>spar</i>
Konektor 1	85 mm	40 mm	31 mm	30 mm	25 mm
Konektor 2	75,40 mm	40 mm	17 mm	30 mm	13 mm

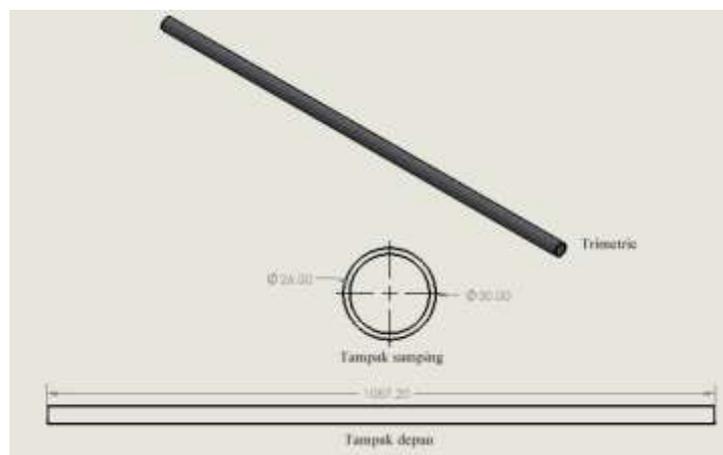


a) Konektor 1

b) Konektor 2

**Gambar 1. Geometri dan dimensi *part* konektor**

Dan pada *frame* UAV VTOL juga terdapat dua pasang *tube* dengan ukuran yang sama. geometri *tube* berbentuk *silinder* dengan panjang 1087,20, diameter dalam 26 mm dan diameter luar 30 mm gambar 2 menunjukkan geometri dan dimensi *part* tube



**Gambar 2. Geometri dan dimensi *part* tube**

## Material penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu *carbon fiber* dan *aluminium alloy*. Tabel 4 dan tabel 5 menunjukkan data property material yang digunakan pada analisis kekuatan struktur konektor dan *tube*

**Tabel 4. Data property material carbon fiber**

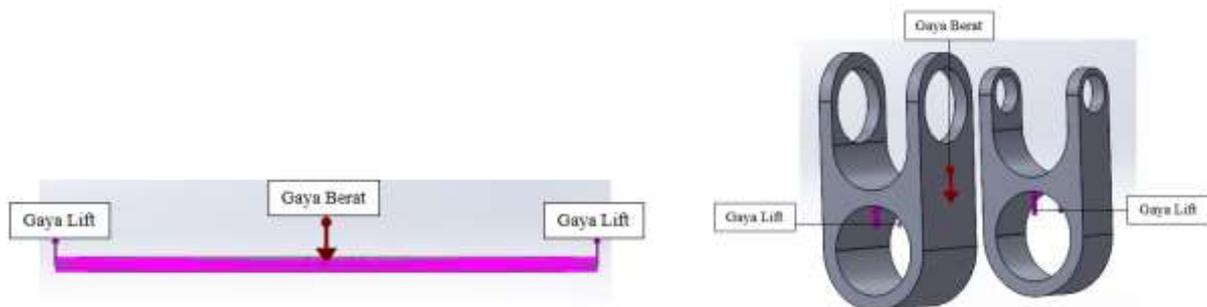
<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Elastic Modulus</i>	999000	N/mm <sup>2</sup>
<i>Poisson's Ratio</i>	0.286	N/A
<i>Shear Modulus</i>	412000	N/mm <sup>2</sup>
<i>Mass Density</i>	141000	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Tensile Strenght</i>	918	N/mm <sup>2</sup>
<i>Compressive Strenght</i>	1870	N/mm <sup>2</sup>
<i>Yield Strength</i>	551	N/mm <sup>2</sup>

**Tabel 5. Data property material Aluminium 6061 Alloy**

<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Elastic Modulus</i>	69000	N/mm <sup>2</sup>
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33	N/A
<i>Shear Modulus</i>	26000	N/mm <sup>2</sup>
<i>Mass Density</i>	2700	Kg/m <sup>3</sup>
<i>Tensile Strenght</i>	124,084	N/mm <sup>2</sup>
<i>Compressive Strenght</i>	1870	N/mm <sup>2</sup>
<i>Yield Strength</i>	55.1485	N/mm <sup>2</sup>

## Pembebanan dan kondisi batas

Jenis pembebanan yang diterapkan pada model (konektor dan *tube*) yaitu pada kondisi terbang stabil (*steady level flight*) yang terjadi pada setengah *frame* UAV VTOL. Berdasarkan perhitungan diperoleh besarnya gaya yang bekerja pada model yaitu 128 N. Pemberian beban pada *tube* menggunakan *remote load mass*, sedangkan pemberian beban pada konektor menggunakan *force*, seperti yang terlihat pada gambar 3

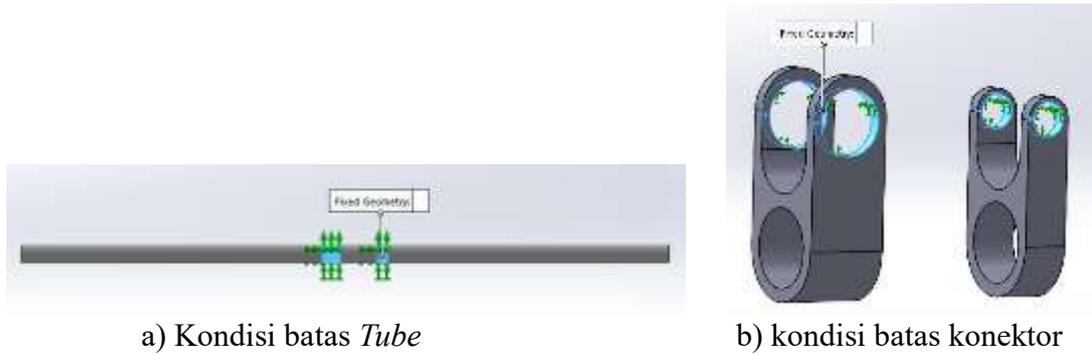


a) Pembebanan pada *Tube*

b) Pembebanan pada Konektor

**Gambar 3. Pemberian beban pada model**

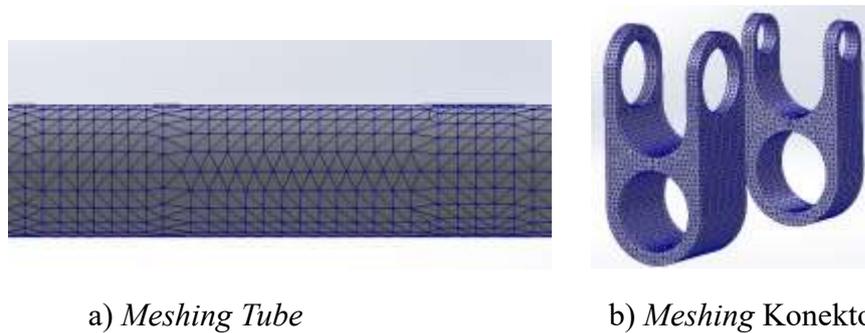
*Buondary condition* atau kondisi batas pada analisis bertujuan untuk membatasi *area* yang akan dianalisis. Kondisi batas yang digunakan pada simulasi dalam penelitian ini berupa *fixed geometry*, seperti yang terlihat pada gambar 4



**Gambar 4. Kondisi batas pada model**

**Meshing**

*meshing* akan membagi elemen menjadi struktur kecil yang tak berhingga. *Meshing* pada penelitian ini menggunakan kualitas *fine*, dengan parameter *standard mesh*. Hasil *meshing* dari *tube*/batang VTOL dan konektor ditunjukkan pada gambar 5



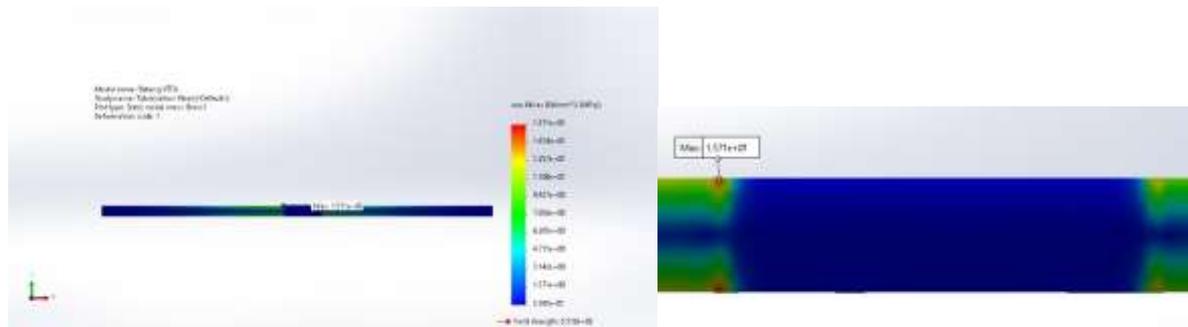
**Gambar 5. Meshing pada model**

**Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Analisa kekuatan struktur**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada *tube* dan *konektor* dengan penggunaan material *carbon fiber* dan aluminium 6061 *alloy*, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

***Tube*/batang VTOL material *carbon fiber***



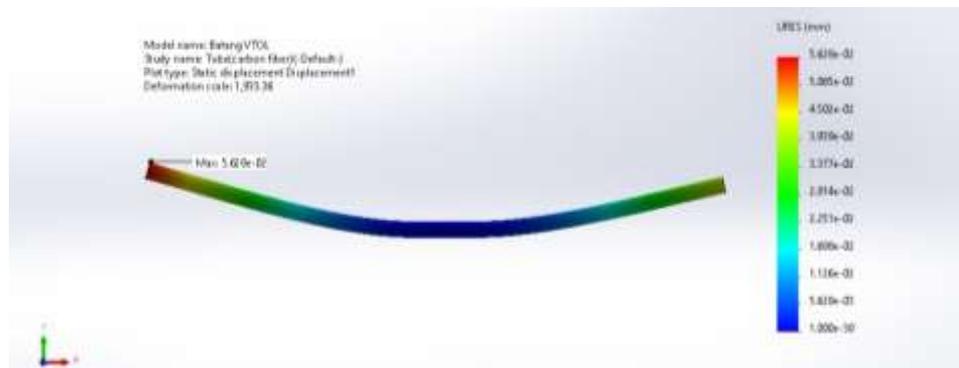
**a) Tegangan maksimum**

**b) Detail tegangan maksimum**

**Gambar 6. Hasil simulasi tegangan pada *tube carbon fiber***

Gambar 6 menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi pada *tube carbon fiber* yaitu sebesar 15,71 MPa. Nilai yang diperoleh masih dibawah batas tegangan luluh (*yield strength*) material *carbon fiber* yaitu 551 MPa.

Dari hasil simulasi juga diperoleh *displacement* maksimum yang terjadi pada *tube carbon fiber*, yaitu sebesar 0,056 mm. seperti yang terlihat pada gambar 7



**Gambar 7.** Hasil *displacement* maksimum pada *tube carbon fiber*

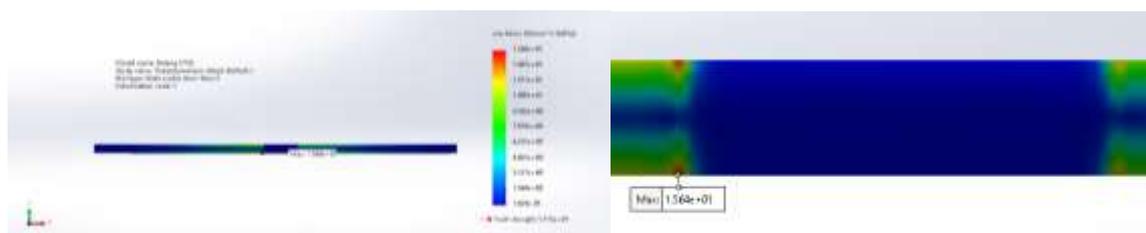
Dan untuk memastikan bahwa *tube* dengan material *carbon fiber* memiliki kekuatan yang kuat dalam menahan beban yang diberikan, maka diperlukan analisis dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang digunakan pada analisis *tube* menggunakan material *carbon fiber* bernilai 1. Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisis bernilai 35 seperti yang terlihat pada gambar 8



**Gambar 8.** Hasil *factor of safety* tube carbon fiber

Syarat agar *tube* dengan material *carbon fiber* memenuhi kekuatan struktur, maka nilai yang diperoleh harus lebih besar dari 1. Sehingga dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan melebihi angka 1 yaitu 35. Semakin besar nilai faktor keamanan yang diperoleh dari material, maka semakin kuat kekuatan dari material tersebut. Nilai yang diperoleh sangat besar, sehingga material *carbon fiber* di katakan sangat kuat dan memenuhi persyaratan kekuatan struktur dalam menahan beban total sebesar 128 N.

#### **Tube/batang VTOL material aluminium 6061 alloy**

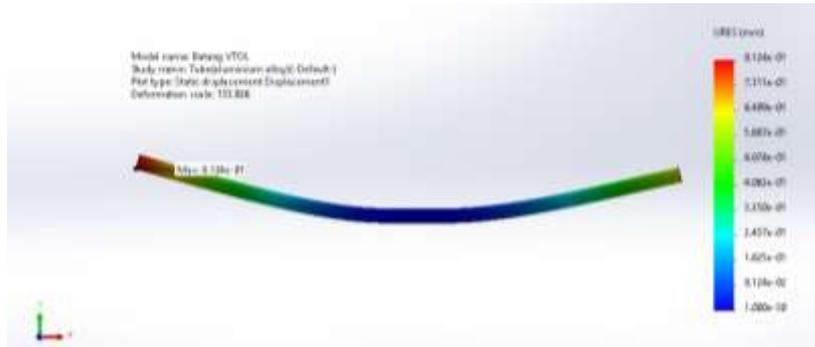


**a) Tegangan maksimum**

**b) Detail tegangan maksimum**

**Gambar 9.** Hasil simulasi tegangan pada *tube* aluminium 6061 alloy

Gambar 9 menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi pada *tube* aluminium *alloy* yaitu sebesar 15,64 MPa. Nilai tersebut masih dibawah batas tegangan luluh (*yield strength*) material aluminium 6061 *alloy* yaitu 55,15 MPa. Dari hasil simulasi juga diperoleh *displacement* maksimum yang terjadi pada *tube* adalah 0,812 mm, seperti yang terlihat pada gambar 10



**Gambar 10.** Hasil *displacement* maksimum pada *tube* aluminium 6061 *alloy*

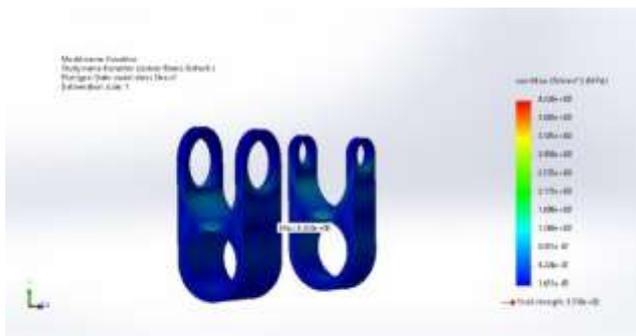
Dan untuk memastikan bahwa material aluminium 6061 *alloy* memiliki kekuatan yang kuat dan memadai dalam menahan beban yang diberikan, maka diperlukan analisis dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang digunakan pada analisis *tube* menggunakan material aluminium 6061 *alloy* bernilai 2. Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisis bernilai 3,5 seperti yang terlihat pada gambar 11



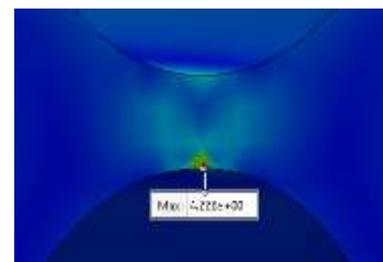
**Gambar 11.** *Factor of safety* pada *tube* aluminium 6061 *alloy*

Syarat agar *tube* dengan material aluminium 6061 *alloy* memenuhi kekuatan struktur, maka nilai yang diperoleh harus lebih besar dari 2. Sehingga dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan melebihi angka 2 yaitu 3,5. Sehingga material aluminium 6061 *alloy* di katakan kuat dan memenuhi persyaratan kekuatan struktur dalam menahan beban sebesar 128 N.

**Konektor material *carbon fiber***



a) Tegangan maksimum

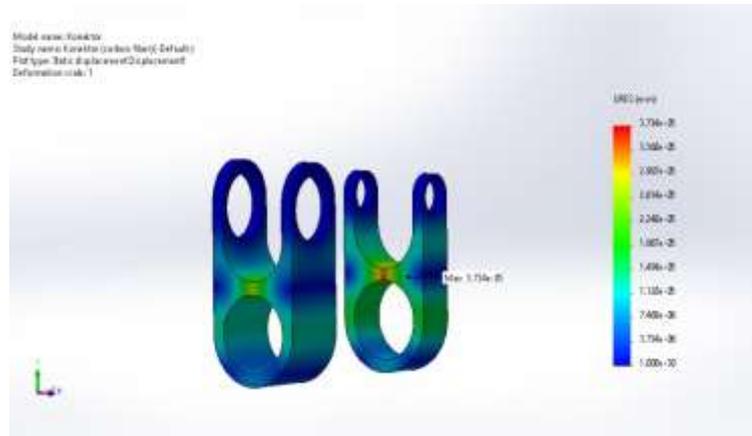


b) Detail tegangan maksimum

**Gambar 12.** Hasil simulasi tegangan pada konektor *carbon fiber*

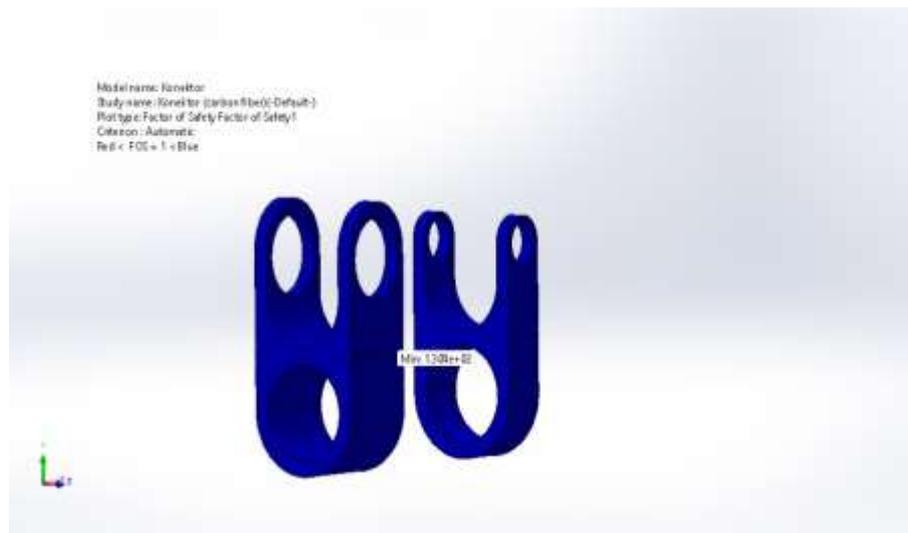
Hasil simulasi pada konektor *carbon fiber* pada gambar 12 menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 4,226 MPa. Nilai tersebut masih dibawah batas tegangan luluh (*yield strength*) material *carbon fiber* yaitu 551 MPa.

Dari hasil simulasi juga diperoleh *displacement* maksimum yang terjadi pada konektor adalah  $3.734 \times 10^{-5}$  mm. seperti yang terlihat pada gambar 13



**Gambar 13.** Hasil *displacement* konektor *carbon fiber*

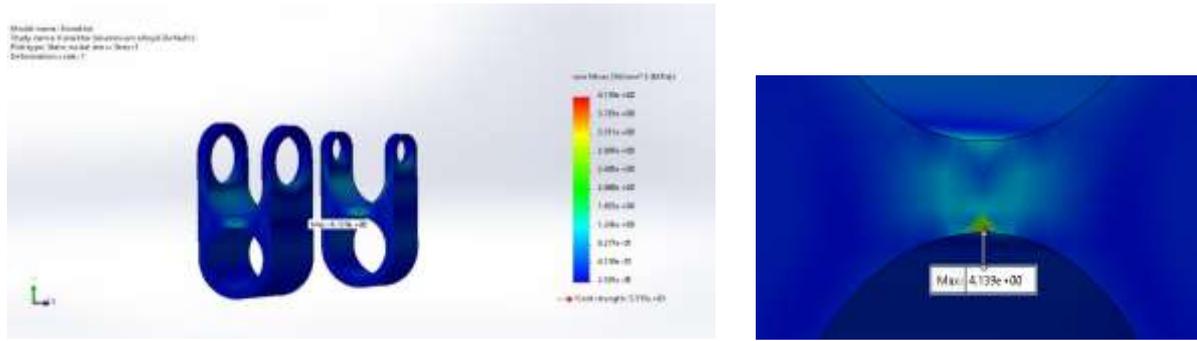
Dan untuk memastikan bahwa material *carbon fiber* memiliki kekuatan yang kuat dalam menahan beban yang diberikan, maka diperlukan analisis dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang digunakan pada analisis konektor menggunakan material *carbon fiber* bernilai 1. Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisis bernilai 130, seperti yang terlihat pada gambar 14



**Gambar 14.** Hasil *factor of safety* konektor *carbon fiber*

Syarat agar konektor dengan material *carbon fiber* memenuhi kekuatan struktur, maka nilai yang diperoleh harus lebih besar dari 1. Sehingga dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan melebihi angka 1. Sehingga material *carbon fiber* dikatakan kuat dan memenuhi persyaratan kekuatan struktur dalam menahan beban total sebesar 128 N.

**Konektor material aluminium 6061 alloy**



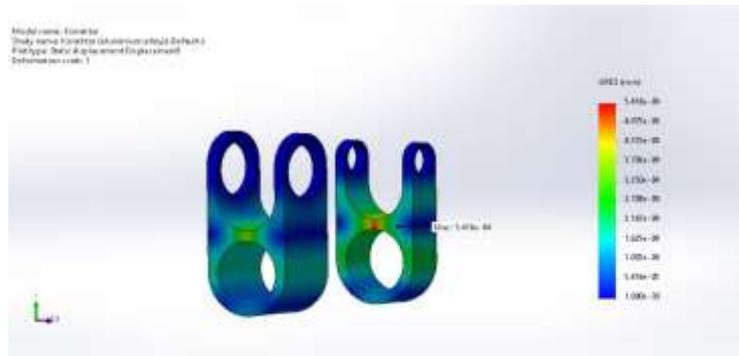
**a) Tegangan maksimum**

**b) detail tegangan maksimum**

**Gambar 15. Hasil simulasi tegangan pada konektor aluminium 6061 alloy**

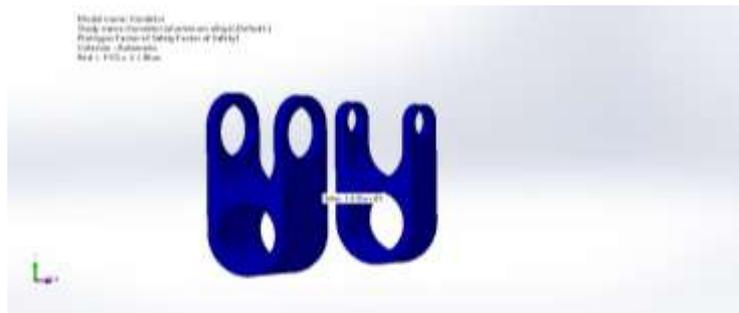
Hasil simulasi pada konektor aluminium 6061 alloy pada gambar 15 menunjukkan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 4,139 MPa. Nilai tersebut masih dibawah batas tegangan luluh (*yield strength*) material *carbon fiber* yaitu 55,15 MPa.

Dari hasil simulasi juga diperoleh *displacement* maksimum yang terjadi pada konektor sebesar  $5,416 \times 10^{-4}$  mm. seperti yang terlihat pada gambar 16



**Gambar 16. Hasil displacement konektor aluminium 6061 alloy**

Dan untuk memastikan bahwa material aluminium 6061 alloy memiliki kekuatan yang kuat dalam menahan beban yang berikan, maka diperlukan analisis dengan mempertimbangkan faktor keamanan. Nilai faktor keamanan yang digunakan pada analisis konektor menggunakan material aluminium 6061 alloy bernilai 2. Nilai faktor kemananan yang diperoleh dari hasil analisis bernilai 13, seperti yang terlihat pada gambar 17



**Gambar 17. Hasil factor of safety konektor aluminium 6061 alloy**

Syarat agar konektor dengan material aluminium 6061 *alloy* memenuhi kekuatan struktur, maka nilai yang diperoleh harus lebih besar dari 2. Sehingga dari hasil analisis diperoleh faktor keamanan melebihi angka 2. Sehingga material aluminium 6061 *alloy* di katakan kuat dan memenuhi persyaratan kekuatan struktur dalam menahan beban sebesar 128 N.

## Kesimpulan

Struktur *tube* dengan material *carbon fiber* dan aluminium 6061 *alloy* sama-sama memiliki kekuatan yang baik karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sebesar 15,71 MPa dan 15,64 MPa, dan nilai-nilai tersebut masih dibawah tegangan luluh material *carbon fiber* yaitu 551 MPa dan material aluminium 6061 *alloy* yaitu 55,1 MPa, dengan *safety factor* yang diperoleh 35 pada *carbon fiber* dan 3,5 pada aluminium 6061 *alloy*, dan *displacement* maksimum yaitu 0,056 mm untuk *carbon fiber* dan 0,812 mm untuk aluminium 6061 *alloy*. Sedangkan pada struktur konektor dengan material *carbon fiber* dan aluminium 6061 *alloy* juga sama-sama memiliki kekuatan yang baik karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sebesar 4,266 MPa dan 4,139 MPa, dan nilai-nilai tersebut masih dibawah tegangan luluh material *carbon fiber* yaitu 551 MPa dan material aluminium 6061 *alloy* yaitu 55,1 MPa, dengan *safety factor* yang diperoleh 130 pada *carbon fiber* dan 3,5 pada aluminium 6061 *alloy*, dan *displacement* maksimum yaitu  $3.734 \times 10^{-5}$  mm pada *carbon fiber* dan  $5,416 \times 10^{-4}$  mm pada aluminium 6061 *alloy*. Dengan mempertimbangkan *safety factor*, maka dapat disimpulkan desain *tube* dan konektor yang terbuat dari *carbon fiber* memiliki kekuatan yang lebih baik dari aluminium 6061 *alloy*, dikarenakan nilai *safety factor* yang diperoleh lebih besar.

## Daftar Pustaka

- Hapidansyah, R. (2022). Analisis Simulasi Statik Poros Generator 500 Watt Menggunakan Material AISI 1020 dan Aluminium Alloy 6061. *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 65–71.
- Muhammad Jayadi, Afandi, S., Supriatno, A., Permana, N., & Yuniarti, E. (2021). Analisis Numerik *Part Spar* Pada *Sub System Wing To Fuselage Joinner Assembly* Pesawat Berkategori Utility Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 6(1).
- Santoso, D. W., & Hariyanto, K. (2022). *Comparison of Sandwich Composite Wing Structure With Balsa Wood (Case Study of Uav Aircraft Fixed Wing VTOL VX-2)*. *Vortex*, 3(2), 98.
- Santoso, D. W., & Putra, A. N. (2018). *Design and Analysis the Strength of the Structure Fixed Wing Vertical Take Off-Landing UAV*. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 4.
- Santoso, D. W., & Saputra, W. E. (2020). Analisis statik kekuatan struktur pesawat UAV *vertical take off-landing VX-2*. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 6, 5–18.
- Wahab, A., Rohman, M., Saepuddin, A., & Sulaiman, M. (2022). Desain Dan Simulasi Uji Kekuatan *Chassis* Mobil Sem Jenis *Prototype* Menggunakan Material Aluminium Alloy 7075. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(1), 78–85.