

ANALISIS PEMBEBANAN STATIS PADA STRUKTUR HEXACOPTER DRONE UNTUK PERTANIAN (*DRUPER*)

N. Erlangga^{(1)*}, Simon Sindhu⁽²⁾, Endah Yuniarti⁽²⁾

(1) Program Studi Industri Pertahanan, Fakultas Sains & Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

(2) Program Studi di Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia.

*Corresponding Author : nvlairlangga@gmail.com

Abstrak - Menurut data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian 2020, area lahan pertanian di Indonesia seluas 36.817.086 Hektar. Dengan luas lahan pertanian yang begitu potensial, petani bisa menggunakan teknologi *drone* untuk membantu tugas untuk meningkatkan produktifitas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan yang diterima drone dalam menahan beban pada kondisi terbang *hover*. Desain drone terdiri dari tiga bagian utama yaitu *Body frame* menggunakan material plastik polikarbonat, *Support structure*, dan *Skid* yang menggunakan material aluminium dengan konfigurasi *hexacopter*. Sketsa dan model drone didesain dan dirancang menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) Solidworks dan simulasi pembebanan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) ANSYS Workbench. Perhitungan simulasi analisis kekuatan struktur *drone* dengan metode elemen hingga diperoleh nilai Regangan *Von Mises* sebesar 0,00089 dan Tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 21,96 MPa yang terjadi pada bagian komponen *Support Structure*. Dimana nilai tegangan ini masih dibawah nilai kekuatan luluh (*Yield Strength*) materialnya yang berupa aluminium 6061-T6 yaitu sebesar 259,2 MPa, sehingga secara umum drone untuk pertanian ini dinyatakan aman.

Kata Kunci: Kekuatan luluh, *Hexacopter*, *Drone* pertanian, Metode Elemen Hingga

Abstract - According to data from the Center for Agricultural Data and Information Systems of the Secretariat General - Ministry of Agriculture 2020, the area of agricultural land in Indonesia is 36,817,086 Hectares. With such a potential agricultural land area, farmers can use drone technology to assist in the task of increasing productivity. The purpose of this research is to determine the value of the strength received by the drone in holding the load in the hover flying condition. The drone design consists of three main parts, namely the Body frame using polycarbonate plastic material, Support structure, and Skid which uses aluminum material with a hexacopter configuration. Sketches and models of drones are designed and designed using CAD (Computer Aided Design) Solidworks software and structural loading simulations are carried out using CAE (Computer Aided Engineering) ANSYS Workbench software. Calculation of the structural strength analysis simulation of the drone with the finite element method obtained a Von Mises Strain value of 0.00089 and a maximum Von Mises Stress of 21.96 MPa which occurred in the Support Structure component. Where this voltage value is still below the yield strength value of the material in the form of 6061-T6 aluminum which is 259.2 MPa, so in general this agricultural drone is declared safe.

Keywords: Yield Strength, Hexacopter, Agriculture Drone, Finite Element Method.

I. PENDAHULUAN

Teknologi *drone* saat ini berkembang sangat pesat, dunia industri menggunakan teknologi ini guna mempermudah kegiatan operasi mereka. Banyak industri sekarang tertarik

menggunakan *drone* karena teknologi *drone* merupakan solusi yang cepat, murah, efisien, dan hemat biaya. Ada banyak tugas yang dapat dikerjakan oleh *drone* seperti operasi militer, pengiriman paket, operasi bantuan, operasi penyelamatan, kegiatan pemantauan,

kegiatan pengawasan, inspeksi konstruksi, dan masih banyak lagi. Hal ini merupakan peluang yang sangat menarik bagi sektor industri (pengusaha) dan teknologi *drone* akan berkembang sangat cepat karena adanya kebutuhan disektor tersebut. Masalahnya sebenarnya adalah aplikasi *drone* apa yang layak untuk dikembangkan.

Menurut data Menurut data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian 2020, area lahan pertanian di Indonesia seluas 36.817.086 Hektar^[1]. Dengan luas lahan pertanian yang begitu potensial, petani bisa menggunakan teknologi *drone* untuk membantu tugasnya. Tugas yang dapat dilakukan oleh *drone* adalah pemetaan lahan, penyemprotan pupuk dan cairan pestisida untuk serangga. *Drone* datang dalam berbagai konfigurasi dan model, *drone* yang digunakan untuk melakukan tugas tersebut dinamakan *drone* pertanian. Konfigurasi dan model pada *drone* pertanian pada umumnya menggunakan multirotor, model ini digunakan karena kemampuannya dalam membawa beban lebih tinggi dibanding konfigurasi dan model *drone* lainnya. Kemampuannya yang dapat lepas landas dan mendarat secara vertikal, dan terbang secara melayang membuat model ini sangat cocok dalam hal kepraktisan di lapangan karena tidak membutuhkan landasan terbang yang luas.

Maka pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan yang diterima *drone* dalam menahan beban pada kondisi terbang *steady* (diam). Desain *Drone* untuk pertanian (DRUPER) terdiri dari tiga bagian utama yaitu *Body frame* menggunakan material plastik polikarbonat, *Support structure*, dan *Skid* yang menggunakan material aluminium. *Drone* memakai konfigurasi *hexacopter* yaitu drone memiliki lengan dan baling-baling rotor berjumlah 6. Sketsa dan model *drone* didesain dan dirancang menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) Solidworks dan seluruh perhitungan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CAE

(*Computer Aided Engineering*) ANSYS Workbench. Penelitian dilakukan secara numerik dengan menggunakan metode elemen hingga.

II.METODE PENELITIAN

2.1 Hexacopter Drone

Hexacopter terdiri dari enam rotor dengan tiga pasang bilah sudut tetap yang berputar berlawanan. Keseluruhan gerak benda ini terdiri dari gerak translasi dan gerak rotasi dalam tiga dimensi, dimana gerak translasi dibuat dengan mengubah arah dan besarnya gaya dorong baling- baling ke atas. *Hexacopter* dikendalikan dengan mengatur kecepatan sudut rotor, yang diputar oleh motor listrik^[2].



Gambar 2.1 Drone Hexacopter

2.2 Material Drone

1. Aluminium 6061-T6

Aluminium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Paduan aluminium 6xxx banyak digunakan sebagai produk ekstrusi, serta untuk konstruksi dan aplikasi otomotif ^[3]. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan unsur lain^[4]. Aluminium 6061-T6 mempunyai keunggulan seperti kekuatan tarik relatif tinggi, sifat mampu bentuk (*formability*) baik, tahan korosi dan merupakan logam ringan. Kelemahan Al 6061-T6 adalah sifat mampu las (*weldability*) relatif rendah dan sambungan las rentan terhadap kegagalan

2. Polikarbonat

Polikarbonat adalah suatu kelompok polimer termoplastik, mudah dibentuk dengan menggunakan panas. Plastik ini memiliki banyak keunggulan, yaitu ketahanan termal, dibandingkan dengan plastik jenis lain, ketahanan tinggi terhadap benturan, tahan lama dan dapat dilaminasi menjadi kaca anti peluru, tahan terhadap benturan, dan sangat bening. Polikarbonat disebut demikian karena plastik ini terdiri dari polimer dengan gugus karbonat(-O-(C=O)-O-) dalam rantai molekul yang panjang^[5].

2.3 Mekanika Material

1. Tegangan (Stress)

Tegangan merupakan gaya yang diaplikasikan terhadap luas penampang suatu benda. Semakin besar tegangan yang ada pada suatu benda maka semakin besar juga regangan pada benda tersebut. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung tegangan ^[6].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

2. Regangan (Strain)

Regangan merupakan perubahan bentuk pada suatu benda terjadi karena gaya yang diaplikasikan pada tiap ujung benda dengan arah berlawanan, sehingga panjang dari benda tersebut bertambah. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung regangan ^[6].

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_0} \quad (2.2)$$

2.4 Model Konstitutif Material

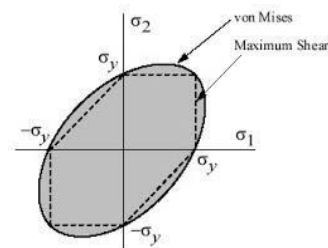
Aluminium 6061-T6, dan Polikarbonat merupakan material isotropik oleh karena itu untuk memprediksi fase plastisitas menggunakan kriteria *Von Mises*. Kriteria *Von Mises* menyatakan bahwa kegagalan terjadi ketika energi distorsi mencapai energi yang sama untuk yield atau kegagalan dalam tegangan uniaxial. Hal ini dinyatakan pada persamaan (2.3), (2.4) ^[6].

$$\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = \sigma_y^2 \quad (2.3)$$

Dalam kasus *plane stress*, $\sigma_3 = 0$. Kriteria *Von Mises* menjadi,

$$\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_y^2 \quad (2.4)$$

Persamaan ini merupakan persamaan *principal stress* yang berbentuk elips seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



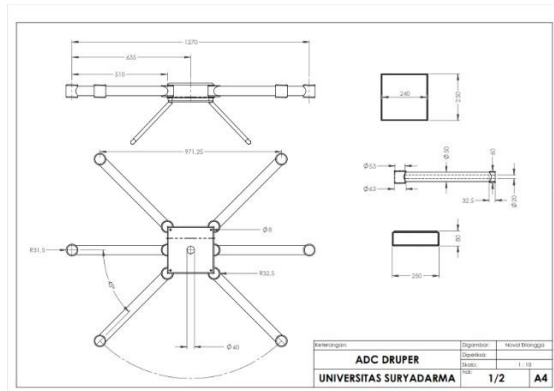
Gambar 2.2 Principal Stress ^[6]

Pada **Gambar 2.2** tersebut ditunjukan kriteria tegangan geser maksimum (garis putus-putus). Teori ini lebih konvensional dari kriteria *von mises* (garis elips merupakan garis *von mises*). Kriteria *von mises* memberikan estimasi yang masuk akal pada kegagalan kelelahan, khususnya pada kasus pembebanan tarik dan geser yang berulang-ulang^[6].

2.5 Pemodelan Pada Drone

1. Sketsa 2D

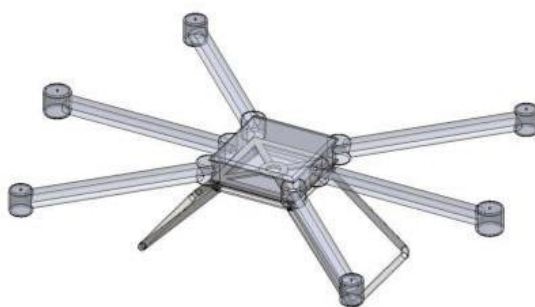
Sketsa adalah suatu gambar atau ilustrasi dari sebuah rancangan atau pra- rancang sebelum melakukan proses pembuatan prototipe atau produksi. Tujuan dari pembuatan sketsa adalah sebagai gambar awal untuk meminimalisir kesalahan dalam melakukan proses perancangan. Berikut sketsa DRUPER yang digambar menggunakan perangkat lunak CAD. Sketsa model *drone* ditampilkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Sketsa 2D DRUPER

2. Objek 3D (3D Model)

3D Model adalah objek yang tercipta dalam ruang digital 3 dimensi. Proses untuk menciptakan objek 3 dimensi adalah 3D Modelling. Objek 3D mempunyai bentuk, volume, dan ruang. Sehingga objek ini memiliki koordinat X, Y, dan Z. Jika pada animasi 2D, objek hanya dapat digerakkan ke dua arah, yaitu ke kanan – kiri (X) dan atas – bawah (Y), maka berbeda dengan objek 3D. Pada animasi 3D, objek dapat digerakkan ketiga arah, yaitu ke kanan – kiri (X), atas – bawah (Y) dan depan – belakang (Z). Berikut 3D Model dari DRUPER menggunakan perangkat lunak CAD Solidworks. Berikut pembuatan 3D model dan tampilan muka dari perangka lunak Solidworks. Model 3D dari DRUPER



Gambar 2.4 Model 3D DRUPER

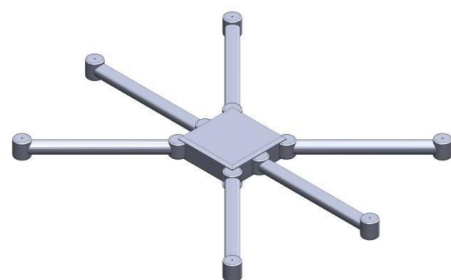
Komponen *Skid* atau roda pendarat didesain menggunakan pipa tubular aluminium. Pemilihan pipa tubular dikarenakan mudahnya akses mendapatkan benda ini di toko *online* (*e-commerce*) maupun *offline* (toko besi, tukang las, dll). Selain itu proses melakukan pembengkokan (*bending*) sesuai bentuk yang diinginkan lebih

mudah dilakukan dibanding jenis bahan lain. Fleksibilitas roda pendarat berfungsi sebagai peredam untuk menyerap benturan saat mendaratkan *drone* [8]. Objek 3D dari komponen *Skid* ditampilkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 *Skid*

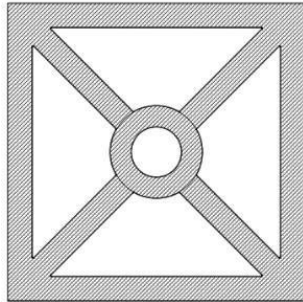
Body Frame adalah komponen yang menghubungkan komponen satu dengan komponen lainnya. Komponen *Body Frame* juga terdapat komponen utama penelitian ini yaitu *support structure*. Selain itu komponen ini terdapat komponen didalamnya seperti baterai, papan sirkuit, kabel, motor listrik, *receiver*, dan komponen kelistrikan lainnya. Objek 3D dari komponen *Body Frame* ditampilkan pada **Gambar 2.7**. Material yang dipakai pada komponen ini adalah Plastik polikarbonat, alasan pemilihan material ini adalah banyaknya jenis *drone* yang sama yang menggunakan jenis material ini.



Gambar 2.7 *Body Frame*

Support Structure merupakan komponen struktur tambahan yang berguna membantu menahan beban yang diterima oleh *drone*, selain itu fungsi lain dari komponen ini adalah sebagai tempat pemasangan alat penyemprotan pupuk dan pestisida. Pada penelitian ini komponen *Support Structure* juga sebagai

titik ikat dan Model 3D dari komponen *Support Structure* ditampilkan pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 *Support Structure*

Tabel 2.1 Parameter Model

Unit	Millimeter (mm)
Panjang X	1333, mm
Panjang Y	327, mm
Panjang Z	1034,2 mm
Volume	7,97e+006 mm ³
Massa	10,99 kg
Node	964541
Elemen	589485

2.6 Properti Material

Properti Material adalah data berupa nilai, sifat, dan karakteristik yang dimiliki oleh suatu material. Material yang digunakan pada model *drone* terdiri dari Aluminium 6061-T6 dan Plastik Polikarbonat. Berikut nilai properti material dari Aluminium 6061-T6.

Tabel 2.2 Properti material Aluminium 6061-T6 ^[3]

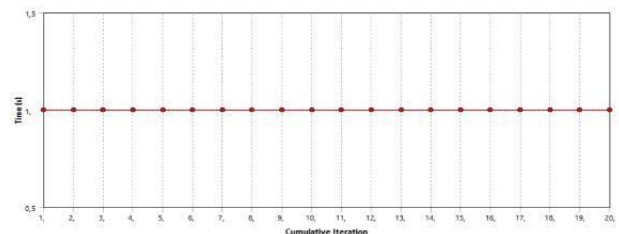
<i>Density</i>	2,71e-006 kg/mm ³
<i>Yield Strength</i>	259,2 MPa
<i>Ultimate Strength</i>	313,1 MPa
<i>Young's Modulus</i>	69040 MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33
Bulk Modulus	67686 MPa
Shear Modulus	25955 MPa

Tabel 2.3 Properti material Polikarbonat^[3]

<i>Density</i>	1,16e-006 kg/mm ³
<i>Yield Strength</i>	61,93 MPa
<i>Ultimate Strength</i>	62,82 MPa
<i>Young's Modulus</i>	2303 MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0,40
<i>Bulk Modulus</i>	3846 MPa
<i>Shear Modulus</i>	822,38 MPa

2.7 Step dan Iterasi

Langkah waktu yang dipilih pada satu kali proses simulasi hingga menghasilkan satu data analisis adalah 1Model *drone* memakai ukuran *mesh* 5 mm, ukuran *mesh* 5 mm dipilih karena ukuran ini sudah mendapat nilai yang konvergen.

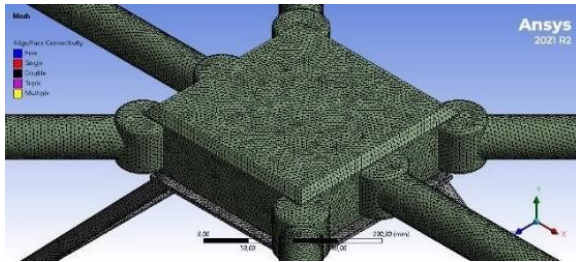


Gambar 2.9 *Step dan Time Iteration*

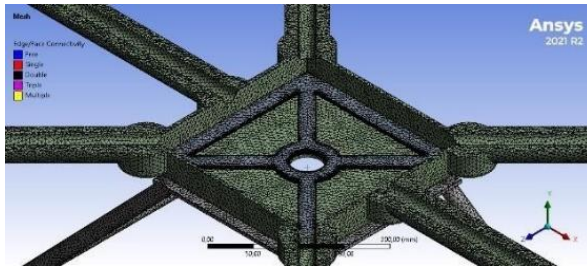
2.8 Mesh

Dalam *pre-processing meshing*, penentuan jenis *mesh* dilakukan pada mode default di mana perangkat lunak menentukan *mesh* geometri dan memberikan hasil, dalam hal ini hasil yang didapatkan jumlah 964541 noda dan 589485 elemen *mesh*. Model *drone* memakai ukuran *mesh* 5 mm, ukuran *mesh* 5 mm dipilih karena ukuran ini sudah mendapat nilai yang konvergen.

Proses *meshing* dilakukan beberapa penyesuaian dan penyempurnaan terutama pada bagian komponen – komponen penghubung dan sambungan, selain itu komponen yang menerima proses pembebanan secara langsung juga dilakukan proses penyempurnaan *meshing* seperti pada bagian komponen support structure. Model *drone* yang telah dilakukan proses *meshing* ditampilkan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Visualisasi *mesh* pada model *drone*.

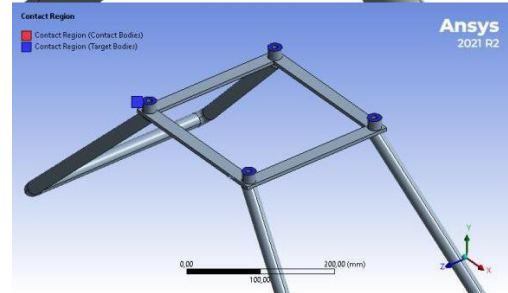
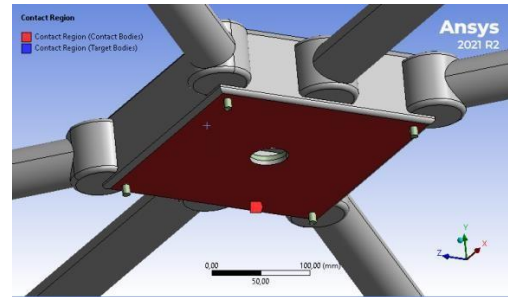


Gambar 2.11 Visualisasi *mesh* pada bagian dalam *drone*.

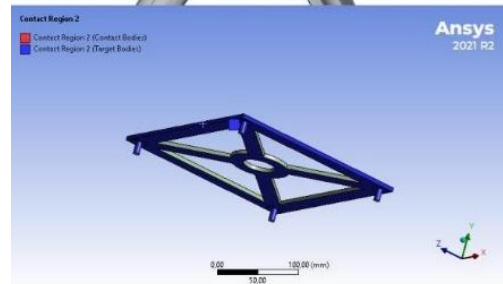
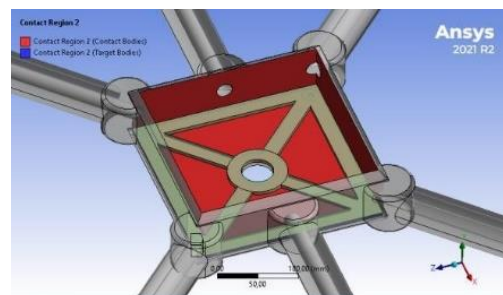
2.9 Interaksi Antar Komponen

Drone terdiri dari banyak komponen, sehingga tidak dapat diperlakukan sebagai satu bagian, dan semua komponen individu dan interaksi dengan perakitan harus dipertimbangkan dan disimulasikan. *Drone DRUPER* memiliki 3 komponen utama yaitu *Body Frame*, *Support Structure*, dan *Skid*. Dari setiap komponen tersebut, masing-masing komponen saling memberikan interaksi pada komponen lainnya. Penentuan interaksi pada setiap komponen sangat berpengaruh terhadap hasil dan nilai simulasi yang didapat. Interaksi terdiri dari komponen bagian luar *Body Frame* bawah dan komponen *Skid*. Interaksi ini bersifat "*bonded*" atau terikat.

Interaksi kedua terdiri dari komponen bagian dalam *Body Frame* dan komponen *Support Structure*. Interaksi ini bersifat "*bonded*" atau terikat.



Gambar 2.12 Interaksi *Body Frame* dengan *Skid*



Gambar 2.13 Interaksi *Body Framedengan Support Structure*

2.10 Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Force diberikan pada setiap ujung lengan *drone*. Satuan yang dipakai untuk proses ini adalah *Newton*, dengan nilai total sebesar 205,82 N. Nilai ini didapat dari perhitungan konversi massa 10 kg ditambah dengan massa *drone* sebesar 10,98 kg.

$$\text{Force (N)} = \text{Mass (Kg)} \times \text{Acceleration (m/s}^2\text{)}$$

$$N1 = 10 \text{ kg} \times 9,8066 \text{ m/s}^2 = 98,07 \text{ N}$$

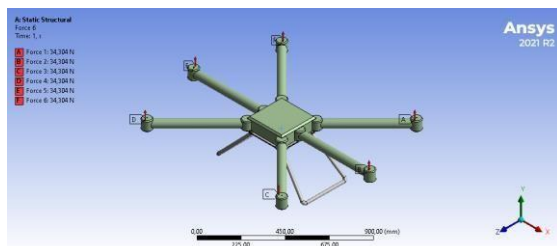
$$N2 = 10,98 \text{ kg} \times 9,8066 \text{ m/s}^2 \\ = 107,75 \text{ N}$$

$$N1 + N2 = 98,07 \text{ N} + 107,75 \text{ N} \\ = 205,82 \text{ N}$$

Keterangan:

N1: Nilai yang diberikan pada *drone*

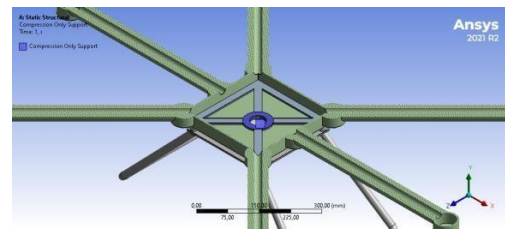
N2: Nilai dari massa *drone*



Gambar 2.14 Lokasi *Force*

Kondisi Batas (*Boundary Condition*) adalah batasan yang dibutuhkan pada solusi agar sifatnya sesuai dengan sifat fisis pada sistem sebenarnya. Dalam metode elemen hingga, kondisi batas merupakan hal penting untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai. Pada simulasi ini digunakan perangkat lunak CAE yaitu Ansys. Terdapat fitur “*support*” pada perangkat lunak Ansys untuk menerapkan kondisi batas dalam melakukan proses simulasi. *Compression Only Support* dipakai untuk menahan pergerakan objek agar pada satu posisi agar tidak terangkat keatas sumbu normal. Lokasi digunakannya *support* ini berada pada *Support Structure*.

Penerapan *Standard Earth Gravity* dipakai guna menerapkan hukum inersia pada seluruh bagian *drone* lalu menyesuaikan kondisi dan situasi nyata saat proses simulasi. Arah koordinat standar gravitasi yang diterapkan pada program mengarah ke sumbu (-Y) , dengan nilai yang diberikan sebesar 9806,6 mm/s².



Gambar 2.15 *Compression Only Support* pada *Support Structure*

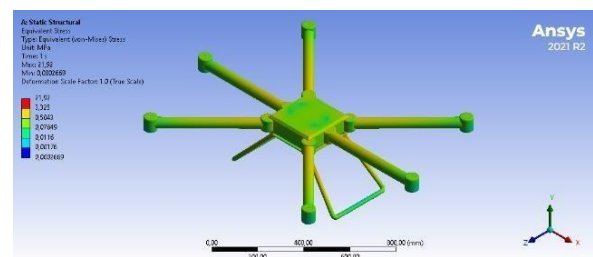


Gambar 2.16 *Standard Earth Gravity*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

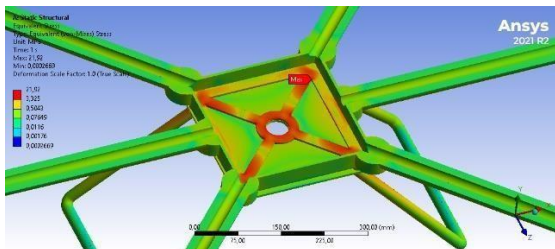
3.1 Simulasi Analisis Model *Drone*

Dengan bantuan kemampuan kalkulasi dan simulasi yang ada dalam perangkat lunak Ansys, pengujian dapat dilakukan dalam kondisi yang mendekati dengan kondisi aslinya. Analisis struktural di Ansys mencakup berbagai masalah. Langkah pertama dalam analisis metode elemen hingga adalah untuk menetapkan material, setelah itu beralih untuk menghasilkan *mesh* elemen hingga ukuran 8 – 4 mm. Kemudian, *force* yang bekerja pada *drone* didefinisikan. **Gambar 2.14** menunjukkan model *drone* dengan ukuran *mesh* elemen yang terdiri dari 589485 elemen dan 964541 node dimana ukuran *mesh* elemen adalah 5 mm. Setelah semua tahapan terpenuhi maka dilakukan proses simulasi.

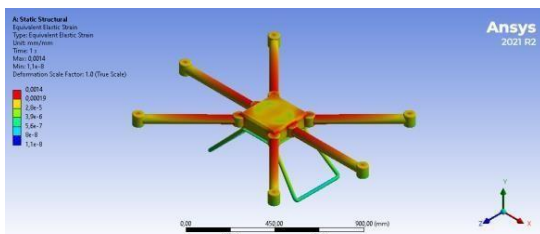


Gambar 3.1 Tegangan *Von Mises*

Seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.1**, tegangan *Von Mises* maksimum yang didapat oleh *drone* sebesar 21,92 MPa. Nilai yang didapat pada simulasi *drone* masih lebih rendah dari kekuatan luluh (*yield strength*) material yang dipakai pada komponen – komponen *drone*, yang mana kekuatan luluh dari aluminium 6061-T6 adalah 259,2 MPa dan kekuatan luluh dari polikarbonat adalah 61,93 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada komponen *structure support* yang dipasang pada bagian dalam *body frame* sebagai struktur penguat dan juga penghubung komponen *body frame* dan *skid*. Pada **Gambar 3.2** terlihat titik yang mendapat tegangan tertinggi pada komponen *support structure*.

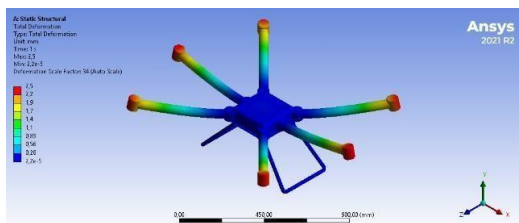


Gambar 3.2 Distribusi Tegangan Von Mises pada *drone*



Gambar 3.3 Regangan Von Mises pada *drone*

Nilai regangan yang didapat setelah proses simulasi terhadap model *drone* menunjukkan nilai maksimum sebesar 0,00089.

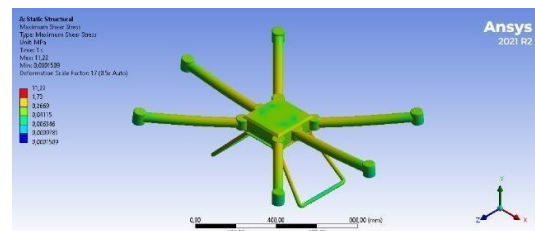


Gambar 3.4 Total Deformasi

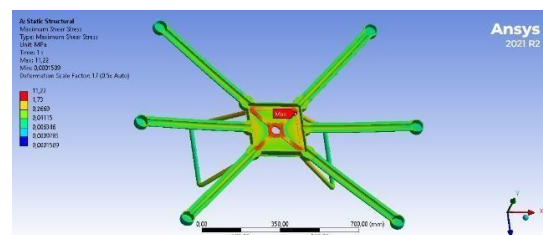
Tabel 3.1 Hasil simulasi analisis pada *drone* dengan *step* waktu selama 1 detik dan *sub step* berjumlah 20 dengan jarak waktu 0,05 detik.

Waktu [s]	Tegangan Von Mises (MPa)	Regangan Von Mises (MPa)	Total Deformasi (mm)
	Maksimum		
0,05	1,10	0,00007	0,1
0,1	2,19	0,00014	0,2
0,15	3,29	0,00021	0,4
0,2	4,38	0,00027	0,5
0,25	5,48	0,00034	0,6
0,3	6,58	0,00041	0,7
0,35	7,67	0,00048	0,9
0,4	8,77	0,00055	1,0
0,45	9,87	0,00062	1,1
0,5	10,96	0,00068	1,2
0,55	12,06	0,00075	1,4
0,6	13,15	0,00082	1,5
0,65	14,25	0,00089	1,6
0,7	15,35	0,00096	1,7
0,75	16,44	0,0010	1,9
0,8	17,54	0,0011	2,0
0,85	18,63	0,0012	2,1
0,9	19,73	0,0012	2,2
0,95	20,83	0,0013	2,4
1	21,92	0,0014	2,5

Deformasi maksimum pada model *drone* terjadi pada ujung lengan *drone* dengan nilai deformasi total sebesar 2,5 mm dengan nilai deformasi maksimum awal *drone* sebesar 0,1 mm seperti yang ditampilkan pada **Tabel 3.1**.



Gambar 3.4 Tegangan geser pada *drone*

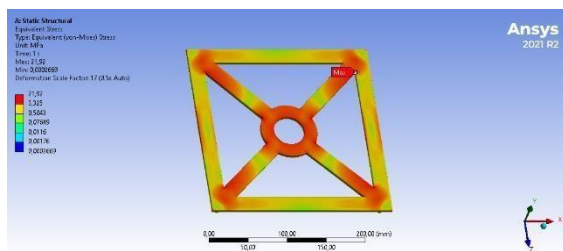


Gambar 3.5 Distribusi tegangan geser pada *drone*

Nilai tegangan geser yang diterima pada drone sebesar 11,16 MPa, komponen yang mendapat tegangan geser tertinggi ada pada komponen Support Structure.

3.2 Analisis Pada Tiap Komponen Drone

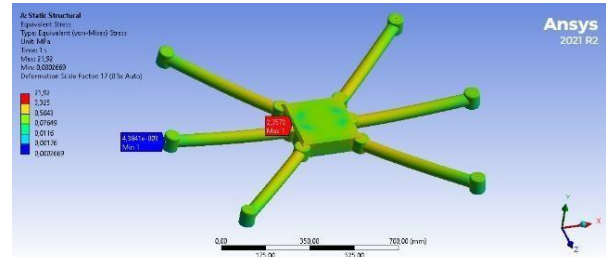
Pada komponen support structure yang memakai material aluminium 6061- T6 memiliki kekuatan luluh sebesar 61,93 MPa dimana pada **Gambar 3.2** komponen *support structure* menerima tegangan tertinggi sebesar 21,92 MPa dan tegangan terendah yang diterima senilai 0,00027 MPa. Nilai angka tersebut masih jauh dari kemampuan material aluminium 6061-T6 dalam menerima beban. Berikut visualisasi distribusi tegangan yang diterima pada komponen *support structure*.



Gambar 3.6 Tegangan Von Mises pada *Support Structure*

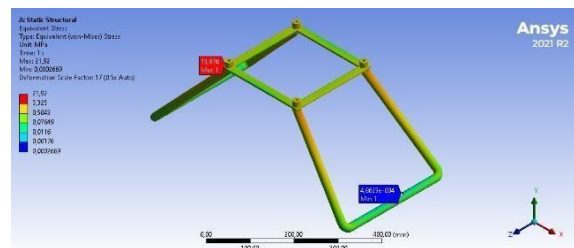
Pada simulasi ini bagian komponen drone yang menerima tegangan terendah adalah komponen *body frame* dimana tegangan tertinggi diterima oleh komponen ini sebesar 2,36 MPa dan nilai tegangan terendah yang diterima senilai 0,0044 MPa. Tegangan tertinggi yang diterima komponen *body frame* berada pada bagian penghubung atau sambungan antara badan utama drone dan lengan drone, lalu tegangan terendah berada pada bagian bawah tempat dari motor listrik sumber penggerak dari drone yang dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.

Skid sebutan lain dari roda pendaratan terbuat dari material yang memiliki kekuatan tinggi dan densitas komponen yang rendah, namun fleksibel di bawah beban berat. Fleksibilitas roda pendaratan bertindak sebagai peredam untuk menyerap dampak pendaratan drone.



Gambar 3.7 Tegangan Von Mises pada *Frame Body*

Komponen *skid* terbuat dari pipa tubular aluminium yang dibentuk menjadi sebuah komponen drone untuk fungsi roda pendaratan. Material yang dipakai pada komponen *skid* sama dengan komponen yang dipakai pada komponen *support structure* yaitu material aluminium 6061- T6. Komponen *skid* terhubung langsung dengan komponen *support structure*, gabungan kedua komponen ini bertindak sebagai penopang struktur pada drone dalam menahan beban tegangan dan regangan.



Gambar 3.8 Tegangan Von Mises pada *Skid*

Proses simulasi menunjukkan tegangan yang diterima pada komponen *skid*, terlihat pada **Gambar 3.8** nilai tegangan tertinggi yang diterima komponen *skid* terjadi pada bagian sambungan atau penghubung antara komponen *skid* dengan komponen *support structure*. Pada bagian penghubung tersebut mendapat nilai

tegangan tertinggi sebesar 13,88 MPa dan nilai tegangan terendah senilai 0,00049 MPa berada pada pipa tubular aluminium bagian bawah seperti pada **Gambar 3.8**.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis simulasi statis struktur pada *drone* dan pembahasan yang dilakukan sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam desain dan analisis *drone* untuk adalah Aluminium 6061- T6 dan Polikarbonat dengan nilai kekuatan luluh (*Yield Strength*) sebesar 259,2 MPa dan 61,93 MPa. Material aluminium 6061-T6 digunakan pada struktur komponen *Support Structure* dan *Skid*. Dari perhitungan analisis kekuatan struktur *drone* dengan metode elemen hingga diperoleh nilai Regangan *Von Mises* maksimum sebesar 0,00089 dan nilai Tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 21,92 MPa. Tegangan ini masih dibawah nilai kekuatan luluh sehingga secara umum *drone* untuk pertanian ini dinyatakan aman dan mampu menyangga beban operasionalnya.
2. Nilai total deformasi maksimum akibat gaya yang diberikan pada model *drone* sebesar 2,5 mm dengan nilai deformasi maksimum awal *drone* sebesar 0,1 mm sesuai yang ditampilkan pada **Tabel 4.1**. Deformasi terbesar pada *drone* terjadi pada komponen *Body Frame* bagian ujung lengan *drone* yang nantinya menjadi tempat bagi motor listrik penggerak rotor *drone*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hansson, A., 2010, Quadrotor UAV Construction Och Anvandbarhetsstudieaven Uavi Sensornatverk, Uppsala Universitet, Uppsala.
- [2] Vijayanandh, R., Mano, S., Dinesh, M., Kumar, M. S., & Kumar, G. R.

- (2017). Design, Fabrication And Simulation Of Hexacopter For Forest Surveillance. ARPN J Eng Appl Sci, 12(12), 3879- 3884.
- [3] Ansys Granta Materials Data Library. (2022, October 4). <https://www.ansys.com/products/materials/materials-data-library>
- [4] Hawas, M. N. (2013). Effect Of Ageing Time On Adhesive Wear Of AL Alloy AA6061-T6. Journal Of Kerbala University, 11(4), 145-152.
- [5] Nurtanto, D., Hasanuddin, A., 2014, Desain Pelat Beton Berpori Dengan Polikarbonat, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember, Jawa Timur.
- [6] R.S. Khurmi, 2002, Strength Of Material, Chand & Company Ltd.\
- [7] Jenkins, D., & Vasigh, B., 2013, The Economic Impact Of Unmanned Aircraft Systems Integration In The United States. In Association For Unmanned Vehicle Systems International.
- [8] Aji Budi Warsiyanto, 2020, Analisis Respon Dinamik Windshield Pesawat Komuter 19 Penumpang Terhadap Fenomena Bird Strike Menggunakan Metode Elemen Hingga, Program Studi Teknik Penerbangan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.
- [9] Ahmad, M., Ismail, K. A., & Mat, F. (2013). Convergence Of Finite Element Model For Crushing Of A Conical Thin- Walled Tube. Procedia Engineering, 53, 586-593.
- [10] Salih, A. A. (2012). Finite Element Method. Departmen Of Aerospace Engineering Indian Institute Of Space Science And Technology Thiruvananthapuram-695547, India.
- [11] Sharma, V., Vignan, P., Suman, N., & Bhattacharya, S. (2016). DESIGN AND FABRICATION OF A AGRICULTURAL DRONE. Journa O Engineering Sciences, 1(1).
- [12] Patil, H., & Jeyakarthykeyan, P. V. (2018, August). Mesh Convergence Study And Estimation Of Discretization Error Of Hub In Clutch Disc With Integration Of ANSYS. In IOP Conference Series: Materials Science And Engineering (Vol. 402, No. 1, P. 012065). IOP Publishing.