

PENGARUH KETEBALAN MANUFAKTUR *FRAME MINI DRONE 3D PRINTING* DENGAN SIMULASI *STRESS, DISPLACEMENT, DAN SAFETY OF FACTOR* MENGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS

¹Usma Irfansyah Wardana, ²Ferry Setiawan, ³Edy Sofyan, ⁴Imama

^{1,2,3,4} Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini menginvestigasi pengaruh ketebalan manufaktur pada bingkai mini drone yang diproduksi melalui pencetakan 3D menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Penelitian ini berfokus pada penilaian dampak variasi ketebalan terhadap integritas struktural bingkai mini drone, menganalisis distribusi tegangan, perpindahan, dan pola regangan melalui teknik simulasi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan tentang bagaimana berbagai ketebalan manufaktur memengaruhi kinerja mekanik bingkai drone dan memberikan informasi berharga untuk mengoptimalkan parameter desain. Melalui simulasi yang komprehensif, penelitian ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara ketebalan manufaktur, perilaku struktural, dan reliabilitas keseluruhan bingkai mini drone yang dicetak dalam 3D.

Kata Kunci: *Frame Mini Drone, Ketebalan Manufaktur, Simulasi Solidworks*

Abstract

This study investigates the influence of manufacturing thickness on the frame of a mini drone produced through 3D printing using SolidWorks software. The research focuses on assessing the impact of varying thicknesses on the structural integrity of the mini drone frame, analyzing stress distribution, displacement, and strain patterns through simulation techniques. The study aims to provide insights into how different manufacturing thicknesses affect the mechanical performance of the drone frame and offers valuable information for optimizing design parameters. Through comprehensive simulations, the research contributes to a better understanding of the relationship between manufacturing thickness, structural behavior, and the overall reliability of 3D printed mini drone frames.

Keywords: *Mini Drone Frame, Manufacturing Thickness, Solidworks Simulation.*

Pendahuluan

Pesawat tanpa awak atau drone merupakan suatu jenis pesawat yang terbang menggunakan sistem robotik. Drone berperan sebagai alat untuk pemetaan maupun deteksi banjir melalui pengambilan foto udara (Hidayat et al., 2019). Drone terdiri dari dua jenis, yaitu multicopter dan sayap. Drone dilengkapi dengan kamera dan peralatan kalibrasi. Untuk daerah yang diambil gambarnya dengan kondisi angin yang cukup kencang, drone jenis quadcopter sangat direkomendasikan karena memiliki stabilitas yang lebih baik. Namun, jika menggunakan drone jenis sayap (fixed wing), stabilitasnya akan kurang baik. Perlu diperhatikan bahwa semakin banyak jumlah propeller pada drone, maka semakin cepat pula baterainya habis dan masa penggunaannya pun semakin terbatas

Mini drone adalah jenis drone yang memiliki ukuran sangat kecil, umumnya dengan rentang ukuran antara 1 hingga 20 sentimeter. Mereka dirancang untuk memberikan mobilitas dan kemampuan terbang yang tinggi dengan ukuran yang sangat kompak. Mini drone sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan navigasi di ruang terbatas atau di lingkungan yang sulit dijangkau oleh drone ukuran besar. (Bonetto et al., 2015) Mini drone biasanya dilengkapi dengan berbagai sensor dan komponen elektronik seperti kamera, gyroscopes, dan accelerometer untuk stabilisasi dan navigasi yang akurat.

Mereka juga dapat dilengkapi dengan berbagai macam fitur tambahan seperti kemampuan penerbangan otonom, penghindaran hambatan, dan kemampuan untuk melakukan manuver yang

¹Email Address: 170102003@students.sttkd.ac.id

Received 1 Desember 2023, Available Online 30 Desember 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i2.973>

kompleks. Mini drone memiliki banyak potensi aplikasi, baik di sektor militer maupun sipil. Beberapa aplikasi populer mini drone meliputi survei udara, pemetaan, pemantauan keamanan, penyelamatan dan pencarian, fotografi dan videografi udara, serta pengiriman barang kecil dalam area yang sulit dijangkau.

Frame drone berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan komponen-komponen lainnya dan merupakan badan dari drone itu sendiri. Desain drone harus memperhatikan proporsi yang seimbang agar terbang dengan stabil dan beban terdistribusi dengan merata. Tata letak komponen juga perlu dipikirkan agar instalasi peralatan pada quadcopter terlihat lebih rapi. Saat membuat frame drone, bahan yang digunakan juga perlu dipertimbangkan (Hanna, 2021). Jika menggunakan aluminium, kerusakan pada frame bisa menyebabkan bengkok, meskipun bisa diperbaiki dengan mudah. Namun, jika menggunakan akrilik, frame drone rawan pecah namun lebih mudah untuk dibuat karena sudah banyak tersedia jasa laser cutting untuk akrilik.

Infill merupakan pola atau struktur yang diisi ke dalam bagian dalam objek cetakan 3D untuk memberikan kekuatan dan stabilitas pada objek tersebut (Suteja & Soesanti, 2020). Tujuan dari infill adalah untuk mengurangi konsumsi bahan cetakan yang berlebihan dan waktu cetak yang terlalu lama, sambil tetap mempertahankan kekuatan dan kepadatan yang cukup pada objek cetakan. (Mishra et al., 2021). Suhu adalah faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pencetakan 3D karena dapat mempengaruhi performa dan karakteristik objek cetakan. Pada pencetakan 3D, suhu memiliki dampak langsung pada bahan cetak yang digunakan (Hsueh et al., 2021). Setiap jenis bahan cetak memiliki rentang suhu optimal yang harus dipertahankan selama proses cetak agar menghasilkan hasil yang baik (Loke et al., 2019).

Suhu cetak yang terlalu rendah dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara lapisan-lapisan cetakan dan mengurangi adhesi antar lapisan, menghasilkan objek yang lemah dan rapuh. Di sisi lain, suhu cetak yang terlalu tinggi dapat menyebabkan deformasi atau deformasi objek cetakan dan mengurangi resolusi cetakan. Studi ini mengambil contoh aplikasi praktis dalam pembuatan frame drone dengan 3D Printing. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh ketebalan terhadap berat frame drone, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi frame drone.

Berdasarkan prnjelasan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Ketebalan Manufaktur *Frame Mini Drone 3d Printing* Dengan Simulasi *Stress, Displacement, Dan Safety Of Factor* Menggunakan *Software Solidworks*” dengan tujuan untuk mengembangkan prototype mini drone untuk komersil bagi pecinta aeromodeling dan dapat menjadi pengembangan drone racing yang efektif dan efisien.

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

PLA (*Polylactic Acid*)

PLA adalah jenis filament yang populer dan serbaguna dalam pencetakan 3D. Kekuatan, biodegradabilitas, keamanan, dan kemudahan penggunaannya menjadikan PLA sebagai pilihan yang baik untuk berbagai aplikasi, termasuk prototipe, mainan, dekorasi, dan benda-benda lainnya yang tidak terpapar suhu tinggi atau lingkungan yang keras (Coppola et al., 2018). Adapun karakteristik dari PLA (*Polylactic Acid*) dapat terlihat pada Tabel 1.

Table 1. Mechanical Properties of PLA

<i>Properties</i>	<i>Values</i>
Young's Modulus (N/m ²)	480000000
Tensile Strength (N/m ²)	30000000
Poisson's Ratio (N/A)	0.35

<i>Properties</i>	<i>Values</i>
Shear Modulus (N/m ²)	318900000
Mass Density (Kg/m ³)	1400
Compressive Strength (N/m ²)	
Yield Strength (N/m ²)	6000000
Thermal Expansion	
Thermal Conductivity (W/m.K)	0.2256
Specific Heat (J/kg.K)	1386
Coefficient (/K)	

Sumber : (Material datasheet by Biomer for L9000)

PLA dianggap aman dalam penggunaan pencetakan 3D. Bahan dasarnya adalah polimer yang tidak mengandung bahan berbahaya seperti ftalat atau bisfenol A (BPA). Ini membuat PLA menjadi pilihan yang baik untuk mencetak objek yang akan digunakan dalam kontak dengan makanan, mainan anak-anak, atau aplikasi kesehatan. PLA memiliki suhu cair yang relatif rendah dibandingkan dengan beberapa jenis filament lainnya, seperti ABS. Hal ini memudahkan proses pencetakan pada printer 3D yang memiliki suhu cetak yang lebih rendah atau printer yang lebih sederhana. Selain itu, PLA juga memiliki sifat yang baik dalam hal adhesi lapisan, sehingga mengurangi risiko terjadinya warping atau penyusutan objek selama pencetakan. (Trhlíková et al., 2016)

PLA memiliki suhu cair yang relatif rendah dibandingkan dengan beberapa jenis filament lainnya, seperti ABS. Hal ini memudahkan proses pencetakan pada printer 3D yang memiliki suhu cetak yang lebih rendah atau printer yang lebih sederhana. Selain itu, PLA juga memiliki sifat yang baik dalam hal adhesi lapisan, sehingga mengurangi risiko terjadinya warping atau penyusutan objek selama pencetakan. PLA memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan panas. Pada suhu yang lebih tinggi, PLA akan mulai meleleh dan kehilangan kekuatan strukturalnya. Oleh karena itu, PLA mungkin tidak cocok untuk aplikasi yang melibatkan suhu tinggi atau kontak dengan bahan-bahan panas. Namun, dengan menggunakan PLA yang diperkuat atau mencampur PLA dengan bahan lain, kekuatan termalnya dapat ditingkatkan.



Gambar 1. Filament PLA

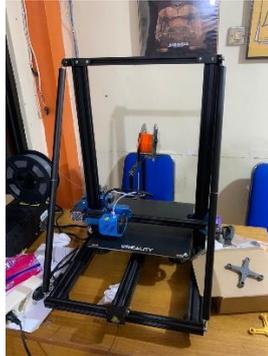
3D Printing

Mesin 3D Printing, juga dikenal sebagai pencetak 3D atau printer 3D, adalah perangkat yang memungkinkan pembuatan objek fisik dalam tiga dimensi dengan menggunakan teknologi aditif (Coppola et al., 2018). Ini berarti bahwa objek dicetak layer per layer dengan menambahkan material secara bertahap hingga membentuk bentuk yang diinginkan. Pada bidang industri, mesin 3D Printing telah merevolusi proses manufaktur dengan memberikan sejumlah manfaat yang signifikan. Berikut adalah beberapa penjelasan tentang bagaimana mesin 3D Printing digunakan dalam industri:

Prototyping

Mesin 3D Printing sangat efektif dalam pembuatan prototipe. Ini memungkinkan perusahaan untuk

dengan cepat mencetak model fisik dari produk yang direncanakan, memungkinkan tim desain dan pengembangan untuk melihat dan memvalidasi desain sebelum memasuki tahap produksi massal. Ini membantu menghemat waktu dan biaya yang terkait dengan pembuatan prototipe tradisional. (Hidayat et al., 2019)



Gambar 2. Mesin 3D Printing

Stress Simulation

Analisis stress adalah proses untuk mengevaluasi bagaimana gaya atau beban yang bekerja pada suatu objek atau struktur mempengaruhi distribusi tegangan di dalamnya. Tegangan merujuk pada gaya per satuan luas yang diterapkan pada suatu benda, dan analisis stress memungkinkan kita untuk memahami bagaimana benda tersebut akan merespons terhadap beban yang diterima (Puspitasari & Nugraha, 2021)

Displacement Simulation

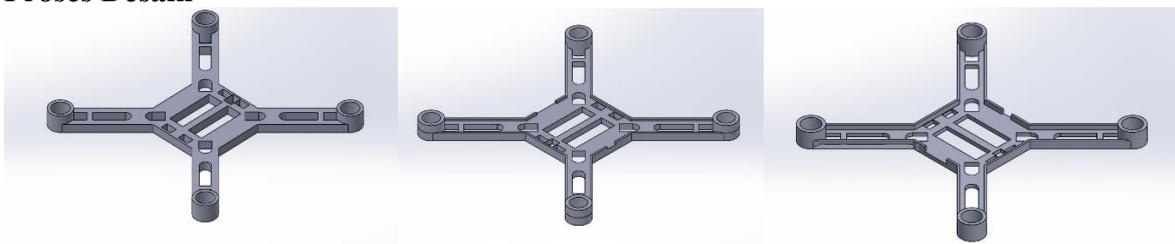
Displacement, juga dikenal sebagai "displacement vector" dalam fisika dan rekayasa, merujuk pada perubahan posisi suatu titik atau objek dari lokasi asalnya ke lokasi baru (Suryady & Nugroho, 2022). Ini adalah konsep mendasar dalam mekanika dan sering digunakan untuk menjelaskan pergerakan objek atau deformasi struktur. Displacement biasanya diukur dalam satuan panjang (seperti meter atau inci) dan direpresentasikan oleh vektor yang mengindikasikan besarnya pergerakan serta arahnya (Arif et al., 2023).

Strain simulation

Strain merujuk pada ukuran deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi ketika suatu material dikenakan gaya eksternal, tegangan, atau beban. Ini adalah konsep mendasar dalam mekanika dan ilmu bahan yang membantu kita memahami bagaimana material merespons gaya yang diterapkan. Strain biasanya dinyatakan sebagai kuantitas tanpa dimensi, sering direpresentasikan sebagai persentase atau nilai desimal (Pamungkas et al., 2021)

Metode Penelitian

Proses Desain



Gambar 3. Desain Frame Drone Dengan Ketebalan 2mm, 2.5mm, dan 3mm

Table 2. Ukuran Drone

No.	Nama Ukuran	Ukuran
1.	Panjang <i>frame</i>	80mm
2.	Lebar <i>frame</i>	80mm
3.	Tebal <i>frame</i>	6mm
4.	Lubang motor	4 buah
5.	Jarak lubang motor	64mm
6.	Ukuran lubang motor	13mm
7.	Jarak lubang mikrokontroler	19mm
8.	Ukuran lubang mikrokontroler	0,1mm
9.	Jarak lubang kamera	17mm
10.	Ukuran lubang kamera	0,6mm
11.	Holder camera	21x21x21x21mm
12.	Ukuran propeller	57,5mm
13.	Dudukan baterai	22mm

Alat dan bahan

Alat

1. Printer 3D: Digunakan untuk mencetak frame drone dengan variasi infill dan speed printing yang berbeda.
2. Komputer/Laptop: Digunakan untuk merancang dan mengedit model frame drone menggunakan perangkat lunak desain 3D.
3. Bahan PLA (Polylactic Acid): Digunakan sebagai filament untuk mencetak frame drone menggunakan printer 3D.
4. Timbangan Digital: Digunakan untuk mengukur berat frame drone yang telah dicetak.
5. Penggaris: Digunakan untuk mengukur dimensi frame drone yang telah dicetak.
6. Perangkat Lunak Desain 3D: Digunakan untuk merancang dan mengedit model frame drone sebelum mencetak.
7. Perangkat Lunak Pencetakan 3D: Digunakan untuk mengoperasikan printer 3D dan mencetak frame drone.
8. Spreadsheet (Microsoft Excel): Digunakan untuk mengolah dan menganalisis data hasil pengukuran berat frame drone dan hasil cetakan.

Bahan

1. Filament PLA: Filament yang digunakan dalam penelitian ini adalah PLA Plus (+) Digunakan sebagai bahan cetak pada printer 3D untuk membuat frame drone.
2. Baterai Li-ion 1500 Mah : 1500mAh mengacu pada kapasitas baterai, yaitu jumlah energi yang dapat disimpan dalam baterai dan diukur dalam mAh. Semakin besar kapasitas, semakin lama baterai dapat bertahan sebelum perlu diisi ulang.
3. Propeller Mini Drone : spesifikasi dari propeller mini drone yaitu ukuran yang relatif lebih kecil dari drone lain pada umumnya.
4. Cover Propeller Cover propeller umumnya terbuat dari bahan plastik atau bahan ringan lainnya. Bahan yang digunakan harus cukup kuat untuk melindungi baling-baling dan drone dari benturan.
5. 4 motor DC non-brushless : Efisiensi motor mengacu pada seberapa baik motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Efisiensi yang lebih tinggi umumnya diinginkan untuk mendapatkan kinerja yang baik dengan penggunaan daya yang lebih rendah.
6. Flight control : Flight Control yang digunakan flight control yang sudah terkonfigurasi langsung dengan remote control
7. Remote Control : Remote Control yang digunakan berjenis D-Rones yang sudah otomatis

terkonfigurasi dengan flight control.

Alur Penelitian

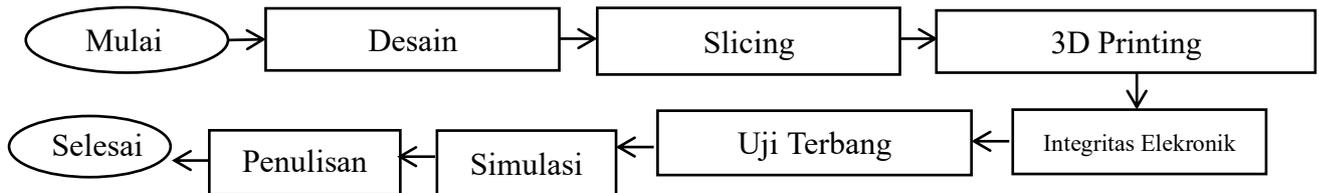
1. Persiapan Percobaan: Menjelaskan persiapan yang dilakukan sebelum melaksanakan proses pencetakan *3D Printing*.
2. Proses Pencetakan: Mendokumentasikan tahapan pencetakan *3D Printing* yang dilakukan untuk memproduksi struktur rangka *mini drone*.
3. Assembly : Pemasangan komponen *mini drone* yang telah di siapkan.
4. Penimbangan tiap komponen : penimbangan tiap komponen dilakukan agar hasil saat pengujian dapat maksimal.

Pengujian dan Pengumpulan Data: Melakukan pengujian menggunakan simulasi solidworks terkait simulasi *stress*, *displacement*, dan *safety of factor* yang direncanakan sebelumnya untuk mengumpulkan data terkait kekuatan material dan pengujian waktu terbang dengan hasil cetakan *3D Printing* frame *mini drone*.

Variabel Penelitian

1. Jenis Bahan: Jenis bahan yang digunakan dalam pencetakan *3D Printing* PLA.
2. Parameter Cetak proses pencetakan *3D Printing* umum mengikuti pengaturan material PLA.
3. Variasi ketebalan frame drone 2mm, 2,5mm dan 3mm.
4. Kualitas Cetak: Evaluasi kualitas permukaan cetakan, kehalusan, dan kejelasan detail struktur rangka.
5. Stabilitas: Kemampuan struktur rangka untuk menjaga kestabilan saat terbang.
6. Kekuatan Rangka : Melakukan simulasi *stress*, *safety of factor* dan *displacement* pada desain frame *mini drone* agar mengetahui *stress*, *safety of factor* dan *displacement* dari hasil desain frame *mini drone*.

Dengan menggunakan variabel-variabel di atas, penelitian dapat menggali hubungan antara metode pencetakan *3D Printing*, bahan yang digunakan, dan kualitas struktur rangka *mini drone* yang diproduksi.



Gambar 4. Flowchart

Hasil dan Pembahasan

Hasil Cetakan Frame Drone 2mm, 2.5mm, 3mm



Gambar 5. Hasil Cetakan Frame Drone

Toleransi Geometri

Toleransi dimensi linier mengindikasikan sejauh mana perbedaan antara dimensi aktual dan dimensi

yang direncanakan. Toleransi positif menunjukkan bahwa hasil aktual lebih besar dari dimensi yang direncanakan, sedangkan toleransi negatif menunjukkan bahwa hasil aktual lebih kecil dari dimensi yang direncanakan. Toleransi ini memberikan gambaran tentang seberapa akurat hasil produksi dalam mencapai dimensi yang diinginkan.

Table 3. Toleransi Geometri

No	Keterangan	Ukuran	Toleransi
1.	Tebal Frame (mm)	-Frame 2 Tebal Hasil = 2,5 Tebal Desain = 2	$= \frac{(2-2,61)}{2} \times 100\% = -30,5\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $-30,5\%$
		-Frame 2,5 Tebal Hasil =3,5 Tebal Desain = 2,5	$= \frac{(2,5-3,51)}{2,5} \times 100\% = -40,4\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $-40,4\%$
		-Frame 3 Tebal Hasil =3,8 Tebal Desain = 3	$= \frac{(3-3,72)}{3} \times 100\% = -24\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah -24%
2.	Lebar Frame (mm)	-Frame 2 Hasil =85,2 Desain =87,43	$= \frac{(87,43-85,2)}{87,43} \times 100\% = 2,55\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $2,55\%$
		-Frame 2,5 Hasil = 87 Desain =87,32	$= \frac{(87,32 - 87)}{87,32} \times 100\% = 0,3665\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $0,3665\%$
		-Frame 3 Hasil = 58 Desain = 87,40	$= \frac{(87,40-58)}{87,40} \times 100\% = 33,62\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $33,62\%$.
3.	Panjang Frame dari ujung kiri ke ujung kanan (mm)	-Frame 2 Hasil = 119 Desain =123,95	$= \frac{(123,95-119)}{123,95} \times 100\% = 3,99\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $3,99\%$
		-Frame 2,5 Hasil =120 Desain =124,05	$= \frac{(124,05-120)}{124,05} \times 100\% = 3,264\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $3,264\%$
		-Frame 3 Hasil =119 Desain =123,51	$= \frac{(123,51-119)}{123,51} \times 100\% = 3,65\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah $3,65\%$
4.	Tebal Lubang Motor Frame (mm)	-Frame 2 Hasil = 1,3 Desain = 1,3	$= \frac{(1,3-1,3)}{1,3} \times 100\% = 0\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah 0%
		-Frame 2,5 Hasil = 1,4 Desain = 1,3	$= \frac{(1,3-1,4)}{1,3} \times 100\% = -7,69\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2,5mm adalah $-7,69\%$
		-Frame 3 = Hasil = 1,5	$= \frac{(1,3-1,5)}{1,3} \times 100\% = -15,38\%$ Jadi toleransi dimensi linier dari frame 3mm adalah $-15,38\%$

5.	Berat Frame (g)	Desain = 1,3	
		-Frame 2	$= \frac{(7-4,08)}{7} \times 100\% = 41,71\%$
		Hasil = 4,08 Desain = 7	Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah 41,71%
		Frame 2,5	$= \frac{(9-5,23)}{9} \times 100\% = 41,9\%$
		Hasil = 5,23 Desain = 9	Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah 41,9%
		Frame 3	$= \frac{(10-6,53)}{10} \times 100\% = 34,7\%$
		Hasil = 6,53 Desain = 10	Jadi toleransi dimensi linier dari frame 2mm adalah 34,7%

Perhitungan Pembebanan Frame 2mm

$W = m \times g$	Keterangan :
$W = 0,14896 \times 9,81$	L = Gaya Angkat (N)
$W = 1,4612976 \text{ (N)}$	W = 1,4612976 (N)
	m = 0,14896 (kg)
	g = (9.81 m/s ²)

Perhitungan Pembebanan Frame 2,5mm

$W = m \times g$	Keterangan :
$W = 0,15356 \times 9,81$	L = Gaya Angkat (N)
$W = 1,5 \text{ (N)}$	W = 1,5 (N)
	m = 0,15356 (kg)
	g = (9.81 m/s ²)

Perhitungan Pembebanan Frame 3mm

$W = m \times g$	Keterangan :
$W = 0,16084 \times 9,81$	L = Gaya Angkat (N)
$W = 1,5778404 \text{ (N)}$	W = 1,5778404 (N)
	m = 0,16084 (kg)
	g = (9.81 m/s ²)

Hasil Simulasi *Stress, Displacement, dan Safety Of Factor*

Table 4. Hasil Simulasi SolidWorks

Analysis/Ketebalan	2mm	2,5mm	3mm
Analysis Stress (Mpa)	Max: 9,852e+00	Max: 6,123e+00	Max: 4,184e+00
Analysis Displacement Mpa)	Max: 4,540e+00	Max: 1,751e+00	Max: 1,238e+00
Analysis Safety Factor	Min: 6,090e-01	Min: 9,799e-01	Min: 1,434e+00

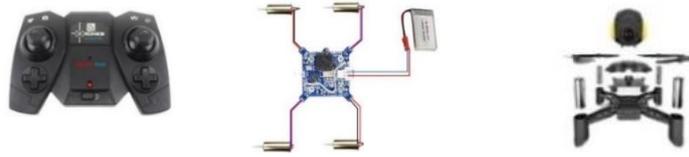
Dari data yang di atas :	Pada ketebalan 2,5mm:	Pada ketebalan 3mm:
Pada ketebalan 2mm:	Stress maksimum: 6,123 MPa	Stress maksimum: 4,184 MPa
Stress maksimum: 9,852 MPa	Displacement maksimum: 1,751 MPa	Displacement maksimum: 1,238 MPa
Displacement maksimum: 4,540 MPa	Safety Factor minimum: 0,980	Safety Factor minimum: 1,434
Safety Factor minimum: 0,609		

Dari segi kekuatan atau resistansi terhadap tegangan (stress) dan perpindahan (displacement), semakin rendah nilai stress dan displacement maksimum, semakin kuat materialnya. Dalam hal ini, untuk parameter stress dan displacement, ketebalan 3mm memiliki nilai yang lebih rendah daripada yang lain, menunjukkan bahwa material pada ketebalan 3mm lebih tahan terhadap beban dan deformasi.

Namun, ketebalan 3mm juga memiliki faktor keamanan terbesar (1,434), yang menunjukkan bahwa

material pada ketebalan ini memiliki margin keamanan yang lebih besar terhadap beban yang diterapkan. Dengan kata lain, material dengan ketebalan 3mm lebih kuat secara keseluruhan karena memiliki tingkat deformasi yang lebih rendah, tegangan yang lebih rendah, dan faktor keamanan yang lebih besar.

Uji Terbang



Gambar 6. Konfigurasi Remote Control

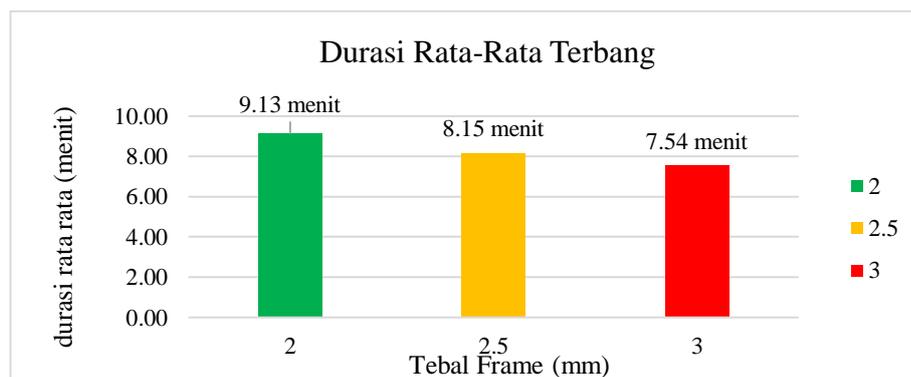
Table 5. Hasil Percobaan

No	Jenis <i>Frame</i> dan komponen (mm)	Berat <i>Frame</i> (g)	Waktu Terbang Rata-Rata (menit)
1.	<i>Frame</i> (A) dengan ketebalan 2	4,08	9.13
2.	<i>Frame</i> (B) dengan ketebalan 2,5	5,23	8.15
3.	<i>Frame</i> (C) dengan ketebalan 3	6,53	7.54
4.	<i>Frame</i> (D) <i>Frame</i> di pasaran dengan ketebalan	7	7.32

Tabel tersebut memberikan perbandingan antara berat frame (dalam gram) dan waktu terbang rata-rata (dalam menit) dari empat jenis frame dan komponen dengan ketebalan yang berbeda. Semakin tinggi ketebalan frame, umumnya semakin berat pula frame tersebut. Namun, ada beberapa perbedaan yang menarik untuk diperhatikan:

Frame (A) memiliki ketebalan 2 mm dengan berat 4,08 gram dan waktu terbang rata-rata 9.13 menit. Frame (B) memiliki ketebalan 2,5 mm dengan berat 5,23 gram dan waktu terbang rata-rata 8.15 menit. Frame (C) memiliki ketebalan 3 mm dengan berat 6,53 gram dan waktu terbang rata-rata 7.54 menit. Frame (D), yang merupakan frame di pasaran dengan ketebalan 7 mm, memiliki berat 7 gram dan waktu terbang rata-rata 7.32 menit.

Dari data tersebut, kita dapat melihat bahwa ketebalan frame berbanding lurus dengan beratnya. Namun, perlu dicatat bahwa frame dengan ketebalan lebih besar tidak selalu berarti memiliki waktu terbang lebih lama. Frame (C) dengan ketebalan 3 mm memiliki waktu terbang rata-rata yang lebih pendek daripada frame (B) dengan ketebalan 2,5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lain seperti desain, material, atau komponen lainnya juga mempengaruhi kinerja dan waktu terbang frame.



Gambar 7. Diagram Hasil

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh ketebalan manufaktur frame mini drone dengan metode 3D printing menggunakan simulasi stress, displacement, dan strain dengan software SolidWorks, dapat diambil beberapa kesimpulan utama:

1. Pengaruh Ketebalan Manufaktur: Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketebalan manufaktur frame mini drone memiliki pengaruh signifikan terhadap performa struktural dan kekuatan frame. Ketebalan yang tepat dapat meningkatkan kekuatan frame dan mengurangi risiko kegagalan struktural.
2. *Stress, Displacement, dan Safety of factor*: Simulasi *stress, displacement, dan safety of factor* memberikan pandangan rinci tentang bagaimana frame merespons beban dan tekanan yang diterapkan pada drone. Informasi ini dapat membantu dalam mengidentifikasi area yang rentan terhadap deformasi berlebihan atau kerusakan.
3. Optimasi Desain: Simulasi SolidWorks dapat digunakan sebagai alat untuk mengoptimalkan desain frame drone. Dengan menganalisis hasil simulasi, desainer dapat menyesuaikan dimensi dan ketebalan komponen untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara kekuatan, berat, dan kinerja keseluruhan.
4. Efisiensi Produksi: Metode manufaktur 3D printing memungkinkan pembuatan frame dengan bentuk dan ketebalan yang lebih kompleks. Hal ini dapat mengurangi limbah material dan meningkatkan efisiensi produksi dibandingkan metode tradisional.
5. Proses manufaktur rangka *mini drone* menggunakan metode pencetakan *3D Printing* telah berhasil dilakukan dengan menggunakan bahan dasar *filament PLA*. Proses ini melibatkan tahap penentuan geometri *frame*, proses desain menggunakan perangkat lunak SolidWorks, assembly untuk memasang komponen-komponen *drone* ke dalam *frame*, serta tahap manufaktur dengan melakukan proses *slicing* dan mencetak rangka *drone* dengan printer 3D menggunakan parameter yang sesuai.

Uji terbang *mini drone* dengan hasil cetakan *frame* menggunakan *filament PLA* dilakukan dengan membandingkan beberapa jenis *frame* dengan ketebalan yang berbeda. Hasil uji terbang menunjukkan bahwa semakin tebal *frame*, semakin berat pula *mini drone* tersebut. Performa terbang *mini drone* dapat dipengaruhi oleh berat *frame*, di mana semakin berat *frame*, waktu terbang *mini drone* cenderung lebih rendah. Oleh karena itu, pemilihan ketebalan *frame* menjadi faktor penting dalam mencapai keseimbangan antara kekuatan dan bobot *mini drone*.

Saran

1. Pemilihan Material: Selain mengkaji ketebalan, juga penting untuk mempertimbangkan jenis material yang digunakan dalam proses 3D printing. Berbagai material memiliki karakteristik mekanis yang berbeda, dan pemilihan material yang sesuai akan berdampak pada kinerja struktural frame.
2. Validasi Eksperimental: Hasil simulasi dapat diverifikasi dengan melakukan pengujian eksperimental pada prototipe frame mini drone yang sebenarnya. Perbandingan antara hasil simulasi dan data nyata akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang akurasi simulasi.
3. Pemodelan Lebih Kompleks: Selain analisis struktural dasar, penelitian selanjutnya dapat melibatkan analisis dinamis, termal, atau bahkan analisis interaksi dengan lingkungan seperti angin atau getaran.
4. Kajian Dampak Desain Frame terhadap Kinerja Drone: Selain aspek struktural, juga penting untuk mempertimbangkan bagaimana desain frame ini dapat memengaruhi kinerja keseluruhan drone, seperti stabilitas, manuverabilitas, dan efisiensi energi.

Daftar Pustaka

- Amendola, C., Lacerenza, M., Pirovano, I., Contini, D., Spinelli, L., Cubeddu, R., Torricelli, A., & Re, R. (2021). Optical characterization of 3D printed PLA and ABS filaments for diffuse optics applications. *PLoS ONE*, *16*(6 June), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253181>
- Bonetto, M., Korshunov, P., Ramponi, G., & Ebrahimi, T. (2015). Privacy in mini-drone based video surveillance. *2015 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 2015, 2015-January*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FG.2015.7285023>
- Coppola, B., Cappetti, N., Maio, L. Di, Scarfato, P., & Incarnato, L. (2018). 3D printing of PLA/clay nanocomposites: Influence of printing temperature on printed samples properties. *Materials*, *11*(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ma11101947>
- Hanna, M. (2021). *Fünfliber-Drone : A Modular Open- Platform 18-grams Autonomous 18-grams Autonomous Nano-Drone*.
- Hidayat, R., Muhaimin, & Aidi, F. (2019). Rancang Bangun Prototype Drone Penyemprot Pesticida Untuk Pertanian Padi Secara Otomatis. *Jurnal Tektro*, *3*(2), 86–94. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/TEKTRO/article/view/1550>
- Hsueh, M. H., Lai, C. J., Liu, K. Y., Chung, C. F., Wang, S. H., Pan, C. Y., Huang, W. C., Hsieh, C. H., & Zeng, Y. S. (2021). Effects of printing temperature and filling percentage on the mechanical behavior of fused deposition molding technology components for 3d printing. *Polymers*, *13*(17). <https://doi.org/10.3390/polym13172910>
- Li, X., Ni, Z., Bai, S., & Lou, B. (2018). Preparation and Mechanical Properties of Fiber Reinforced PLA for 3D Printing Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *322*(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/322/2/022012>
- Loke, G., Yuan, R., Rein, M., Khudiyev, T., Jain, Y., Joannopoulos, J., & Fink, Y. (2019). Structured multimaterial filaments for 3D printing of optoelectronics. *Nature Communications*, *10*(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11986-0>
- Mishra, P. K., Senthil, P., Adarsh, S., & Anoop, M. S. (2021). An investigation to study the combined effect of different *infill* pattern and *infill* density on the impact strength of 3D printed polylactic acid parts. *Composites Communications*, *24*(December 2020), 100605. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100605>
- Nguyen, T. T., Tran, V. T., Pham, T. H. N., Nguyen, V. T., Thanh, N. C., Thi, H. M. N., Duy, N. V. A., Thanh, D. N., & Nguyen, V. T. T. (2023). Influences of Material Selection, *Infill* Ratio, and Layer Height in the 3D Printing Cavity Process on the Surface Roughness of Printed Patterns and Casted Products in Investment Casting. *Micromachines*, *14*(2). <https://doi.org/10.3390/mi14020395>
- Sukindar, N. A., Ariffin, M. K. A., Hang Tuah Baharudin, B. T., Jaafar, C. N. A., & Ismail, M. I. S. (2016). Analyzing the effect of nozzle diameter in fused deposition modeling for extruding polylactic acid using open source 3D printing. *Jurnal Teknologi*, *78*(10), 7–15. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.6265>
- Suteja, T. J., & Soesanti, A. (2020). Mechanical Properties of 3D Printed Polylactic Acid Product for Various *Infill* Design Parameters: A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, *1569*(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042010>
- Trhliková, L., Zmeskal, O., Psencik, P., & Florian, P. (2016). Study of the thermal properties of filaments for 3D printing. *AIP Conference Proceedings*, *1752*(July 2017). <https://doi.org/10.1063/1.4955258>