

# PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *CARGO BOX* UAV VTOL TERHADAP VARIASI MATERIAL DAN BEBAN MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

<sup>1</sup>Damianus Alexander Wokanubun, <sup>2</sup>Edi Sofyan, <sup>3</sup>Ferry Setiawan, <sup>4</sup>Kevin Adam

<sup>1,2,3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

## Abstrak

*Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dirancang memiliki kapasitas untuk membawa muatan yaitu cargo box dengan tujuan agar mampu menahan beban muatan juga menjaga stabilitas atau central of gravity pada UAV VTOL dan memastikan keamanan selama pengangkutan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu melakukan permodelan dan simulasi menggunakan alat bantu, yaitu Solidworks. Masalah yang terjadi pada penelitian ini yaitu perancangan yang aman, pemilihan material yang kuat dan ringan untuk digunakan pada cargo box UAV VTOL. Permodelan desain 3D cargo box pada UAV VTOL berbentuk persegi panjang, dengan ukuran Panjang (P) x Lebar (L) x Tinggi (T), yaitu 260 mm x 248 mm x 157 mm dengan ketebalan material 2 mm. Perancangan cargo box UAV VTOL terdiri dari beberapa komponen, yaitu kotak cargo, penutup cargo box, engsel, toogel latches, bracket dan midlock. Mekanisme pengunci penutup cargo box menggunakan toggle latches dan stabilitas cargo box di dalam fuselage menggunakan bracket dan pengunci midlock memastikan cargo box tetap stabil dan terkunci dengan baik selama penerbangan. Eksperimen ini Menggunakan finite element analysis, hasil yang diperoleh berupa stress (tegangan) maksimum yang terjadi, displacement (perpindahan) dan safety factor. Pengujian cargo box dilakukan pada variasi material dan beban dimana material yang di gunakan yakni alluminium alloy 6061, carbon fiber, fiberglass, juga variasi pembebanan pada cargo box dengan beban sebesar 25 kg dan 50 kg. Pada pengujian kekuatan struktur di peroleh hasil yang terbaik terjadi pada cargo box dengan material carbon fiber dan memiliki berat yang lebih ringan yakni 0,64 kg dari cargo box aluminium alloy 6061 dan fiberglass. akan tetapi berdasarkan factor of safety semua material dikatakan aman berdasarkan Standar SOF masing- masing yang di tetapkan.*

**Kata kunci:** UAV,VTOL, Cargo box, Finite Element Analisis (FEA)

## Abstract

*The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is designed to have the capacity to carry cargo, namely cargo boxes with the aim of being able to withstand the load while also maintaining stability or center of gravity on the UAV VTOL and ensuring safety during transportation. This study used an experimental method, namely modeling and simulating using a tool, namely Solidworks. The problems that occur in this study are safe design, selection of strong and light materials for use in UAV VTOL cargo boxes. The 3D design modeling of the cargo box on the UAV VTOL is rectangular in shape, with dimensions of Length (W) x Width (W) x Height (T), which is 260 mm x 248 mm x 157 mm with a material thickness of 2 mm. The design of the UAV VTOL cargo box consists of several components, namely the cargo box, cargo box cover, hinges, toogel latches, brackets and midlocks. The locking mechanism for the cargo box cover uses toggle latches and the stability of the cargo box inside the fuselage uses brackets and midlock locks to ensure that the cargo box remains stable and properly locked during flight. This experiment uses finite element analysis, the results obtained are in the form of the maximum stress that occurs, displacement and safety factor. Cargo box testing was carried out on material and load variations where the material used was aluminum alloy 6061, carbon fiber, fiberglass, as well as variations in loading on the cargo box with loads of 25 kg and 50 kg. In the structural strength test, the best results were obtained for the cargo box with carbon fiber material and which has a lighter weight of 0.64 kg compared to the 6061 aluminum alloy and fiberglass cargo box. However, based on the factor of safety, all materials are said to be safe based on the SOF standards each has set.*


**Keywords:** UAV VTOL, Cargo box, Finite Element Analisis (FEA)

## Pendahuluan

Wahana terbang VTOL merupakan salah satu jenis dari pesawat tanpa awak atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan sesuai dengan namanya wahana terbang VTOL ini dapat lepas landas dan melakukan pendaratan secara vertikal, sehingga tidak memerlukan landasan pacu yang cukup luas.

<sup>1</sup>Email Address: [190302069@students.sttk.ac.id](mailto:190302069@students.sttk.ac.id)

Received 10 Agustus 2023, Available Online 30 Desember 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i2.938>

Pengertian UAV sendiri merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) di dalamnya. Pesawat ini dapat dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang telah dirancang, atau melalui kendali jarak jauh menggunakan remote control (Maulidi & Khaerudin, 2022).

Indonesia sebagai negara kepulauan yang luas memiliki kontur geografis yang bergunung-gunung tentu saja sangat membutuhkan drone dengan segala kemampuannya. Secara geografis, Indonesia juga terletak di pertemuan dua rangkaian pegunungan, yaitu sirkum pasifik dan sirkum mediterania yang masih aktif dan rawan gempa, tentu saja penggunaan drone akan sangat membantu untuk menyuplai bantuan logistik dan obat-obatan di daerah bencana yang pastinya sulit dicapai dengan kendaraan darat. Melihat kondisi geografis Indonesia yang sedemikian kompleks ini, maka sangat diperlukan penelitian dan pengembangan drone secara maksimal untuk berbagai aplikasi di Indonesia. Penelitian yang dilakukan ini merupakan kajian awal untuk membuat pesawat udara tanpa awak yang dapat lepas landas maupun melakukan pendaratan secara vertikal yang dikenal dengan istilah vertical take-off and landing (VTOL). Drone dengan kemampuan lepas landas dan pendaratan secara vertical ini sangat cocok digunakan di Indonesia yang memiliki kontur geografis yang kompleks (Maulidi & Khaerudin, 2022).

Dalam penggunaan UAV VTOL, sering kali diperlukan kapasitas untuk mengangkut dan mengirimkan kargo. *cargo box* atau wadah kargo adalah salah satu komponen penting yang harus dirancang dengan baik agar mampu menahan beban juga menjaga stabilitas atau *central of gravity* pada muatan yang di bawa dan memastikan keamanan selama pengangkutan. Dalam merancang *cargo box* untuk UAV VTOL, pemodelan pada perancangan perlu memperhatikan kekuatan struktur serta pengaruh variasi material dan beban pada kinerja *cargo box* tersebut. Pemilihan material dengan tensile strength yang tidak melebihi dari yield strength merupakan material yang baik di gunakan pada *cargo box* tentu dapat meningkatkan kekuatan dan keamanan. *cargo box* dengan variasi beban yang berbeda dapat menghasilkan banyak perbandingan kekuatan material, maka variasi beban sangat berpengaruh pada kekuatan material pada *cargo box*.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan struktur *cargo box* pada UAV VTOL dengan mempertimbangkan variasi material dan beban yang berbeda demi menjaga keamanan muatan dan stabilitas pada UAV VTOL. Dengan memahami pengaruh material dan beban terhadap kinerja struktur *cargo box*, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga dalam perancangan dan pengembangan UAV VTOL yang efisien dan aman dalam mengangkut kargo. Dan melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang optimal dalam memilih material yang tepat untuk *cargo box* serta memahami bagaimana perubahan performa struktur kargo box dengan variasi beban yang berbeda. Hal ini akan berkontribusi pada pengembangan UAV VTOL yang lebih andal dan efektif dalam mendukung berbagai aplikasi, seperti pengiriman barang, pemantauan, atau keperluan logistik lainnya.

Dengan memperhatikan latar belakang ini, penelitian tentang perancangan dan analisis kekuatan struktur *cargo box* pada UAV VTOL menjadi penting untuk meningkatkan kinerja dan keamanan UAV VTOL dalam mengangkut kargo.

## **Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis**

### **UAV VTOL**

Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) sering disebut *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan pesawat udara yang mampu terbang dengan interval waktu tertentu tanpa dikendarai oleh pilot, pengendalian pesawat dilakukan secara otomatis melalui perangkat elektronik yang diprogram serta mampu melakukan misinya berulang kali. Penggunaan pesawat UAV diantaranya untuk penginderaan jarak jauh, penghubung alat komunikasi, serta pemantauan kondisi bencana alam. UAV biasanya dilengkapi peralatan kamera guna merekam suatu objek yang dapat dijadikan data untuk kegiatan pemetaan suatu wilayah dengan salah satu sistem yaitu sistem informasi geografis. Saat ini

pengembangan pesawat UAV telah banyak dilakukan baik yang mempunyai konfigurasi *fixed wing* maupun yang menggunakan model *rotary wing* yang memiliki *multi rotor*. Pemilihan konfigurasi tersebut biasanya tergantung dari misi yang akan diemban pesawat. Konfigurasi berikutnya adalah yang memanfaatkan masing-masing kelebihan dari 2 konfigurasi 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).



**Gambar 1. UAV VTOL**

### ***Cargo Box***

*Cargo box*, juga dikenal sebagai kotak kargo atau kotak penyimpanan, adalah wadah yang dirancang khusus untuk menyimpan dan mengangkut barang. *Cargo box* umumnya terbuat dari bahan yang kuat dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang beragam, seperti logam (misalnya, aluminium atau baja) atau bahan plastik (misalnya, polipropilena atau polietilena). *Cargo box* biasanya memiliki desain yang solid dan kokoh untuk melindungi barang-barang yang berada di dalamnya selama pengangkutan. Mereka sering dilengkapi dengan engsel, kunci pengaman, dan sistem penguncian lainnya untuk menjaga keamanan dan keutuhan barang.

*Cargo box* umumnya digunakan dalam berbagai konteks, termasuk transportasi darat, laut, dan udara. Mereka dapat dipasang di atas kendaraan bermotor seperti truk, mobil, atau sepeda motor, atau digunakan sebagai bagian dari sistem pengiriman kargo di kapal atau pesawat terbang. *Cargo box* juga sering digunakan dalam industri ekspedisi, logistik, dan perjalanan, serta dalam kegiatan olahraga dan petualangan seperti *camping*, *hiking*, dan pengangkutan peralatan luar ruangan. Ukuran dan kapasitas *cargo box* dapat bervariasi, mulai dari kotak kecil yang digunakan untuk menyimpan barang bawaan pribadi hingga kotak yang lebih besar yang mampu menampung barang-barang besar atau jumlah yang signifikan. Beberapa *cargo box* juga dilengkapi dengan fitur tambahan seperti pegangan, roda, atau kemampuan lipat untuk memudahkan penggunaan dan penyimpanan. Penggunaan *cargo box* membantu mempermudah dan mengamankan transportasi barang, memungkinkan barang-barang untuk diangkut dengan lebih efisien dan aman dari satu tempat ke tempat lainnya.



**Gambar 2. Contoh cargo box UAV VTOL**

### ***Solidworks***

*Solidworks* adalah sebuah program Computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan platform windows. Software ini dikembangkan oleh Solidworks Corporation, yang merupakan anak perusahaan dari Dassault System,S.A. Solidworks merupakan program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain mould, desain konstruksi, ataupun keperluan

teknik lainnya (Haryanti et al., n.d.).

### ***Finite Element Analysis (FEA)***

Analisis elemen hingga merupakan metode yang umum digunakan oleh software analisis struktur. Analisis elemen hingga adalah teknik numerik matematis untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (mesh) (Wibawa, 2019).

### ***Tegangan***

Tegangan (stress) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda. Jika sebuah benda elastis ditarik oleh sebuah gaya, benda tersebut akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu. Besarnya tegangan adalah perbandingan antara gaya tarik yang bekerja terhadap luas penampang benda (Muchid et al., 2018)

### ***Deformasi***

Dalam ilmu material, deformasi adalah perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah objek. Deformasi sering digambarkan sebagai regangan, ketika deformasi terjadi, gaya internal antara molekul muncul melawan gaya yang diberikan. Jika gaya yang diberikan tidak terlalu besar maka kekuatan ini mungkin cukup untuk melawan gaya yang diberikan, yang memungkinkan objek untuk mencapai keadaan setimbang baru dan kembali ke kondisi semula ketika beban akan dihapus. Jika gaya yang lebih besar diberikan maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari objek atau bahkan menyebabkan kegagalan struktural.

Deformasi merupakan proses perubahan bentuk atau distorsi pada suatu komponen yang terjadi akibat adanya beban. Deformasi menjadi salah satu indikator untuk mengetahui kekuatan material. Nilai deformasi yang semakin kecil menunjukkan semakin kuat suatu material, sedangkan nilai deformasi yang semakin besar menunjukkan semakin lemah suatu material (Wibawa, 2020).

### ***Factor of Safety***

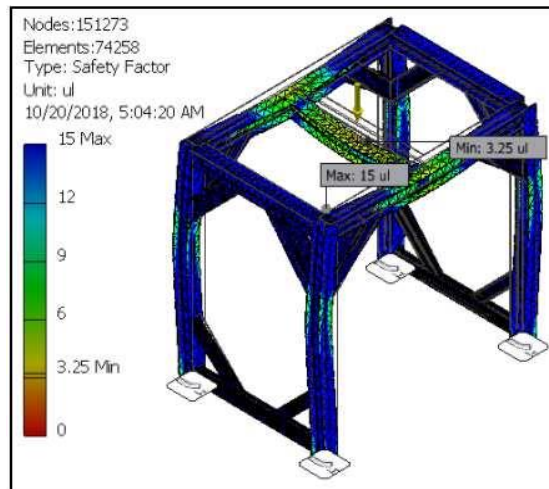
Kekuatan sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan. Faktor keamanan haruslah lebih besar daripada 1,0 untuk menghindari kegagalan. Tergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit di atas 1,0 hingga 10 yang dipergunakan. Mengikuti sertakan faktor keamanan ke dalam desain bukanlah suatu hal yang sederhana, karena baik kekuatan dan kegagalan memiliki berbagai macam arti. Kegagalan dapat berarti patah atau rusak sama sekali pada suatu struktur. Penentuan faktor keamanan memperhitungkan kemungkinan pembebanan yang melampaui batas (*overloading*) dari suatu struktur baik dari pembebanan statik maupun pembebanan dinamik secara berulang, serta kemungkinan kegagalan akibat kelelahan struktur (*fatigue failure*) dan lain-lain. Apabila faktor keamanan sangat rendah, maka kemungkinan kegagalan akan menjadi tinggi dan karena itu desain strukturnya tidak diterima. Sebaliknya jika faktor keamanan sangat besar, maka strukturnya akan menjadi boros bahan dan kemungkinan tidak sesuai dengan fungsinya misalnya menjadi sangat berat (Awwaluddin & Purwanta, 2014)

Berikut ini adalah acuan nilai *safety factor* yang digunakan pada simulasi analisis struktur pada *cargo box* UAV VTOL berdasarkan acuan dari beberapa peneliti sebelumnya.

1. Melakukan penelitian tentang analisis uji tarik dan simulasi kegagalan pada baja SS400 dengan variasi ketebalan lapisan *carbon fiber* untuk aplikasi kerangka mobil listrik. Faktor keamanan (*safety factor*) yang diperbolehkan ialah ketika nilai *safety factor* mampu lebih dari 1 agar desain dapat diterima (kurang dari 1 berarti ada beberapa deformasi permanen) (Naubnome, 2020)
2. Melakukan penelitian tentang desain dan simulasi uji kekuatan chassis mobil sem jenis *prototype* menggunakan material *aluminium alloy 7075*. Hasil dari nilai ketiga desain tersebut masih aman

untuk digunakan, karena memiliki nilai *safety factor* lebih dari 2, di mana nilai tersebut merupakan salah satu syarat di kajian ini (Wahab et al., 2022)

- Melakukan penelitian tentang perancangan dan analisis struktur statis terhadap fuselage versi maritim dari prototipe uav v5 produksi. *Safety factor* pada perancangan ini ditentukan sebesar 1,5 ( Sutantyo et al., 2022)



**Gambar 3. Contoh faktor keamanan**

### Metode Penelitian

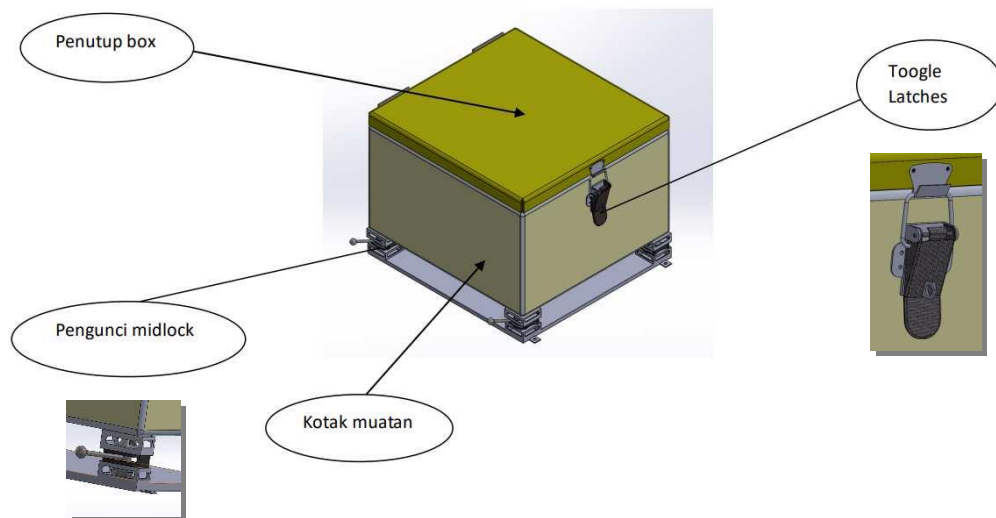
Metode penelitian yang digunakan dalam jurnal ilmiah ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan perancangan dan simulasi menggunakan alat bantu Solidworks. Langkah pertama adalah melakukan pencarian dan kajian literatur, kemudian melakukan perancangan cargo box UAV VTOL dengan sketsa 2D dan pemodelan 3D sesuai dengan geometri dan dimensi yang ditetapkan. Desain cargo box diintegrasikan dengan fuselage UAV VTOL menggunakan bracket dan sistem midlock untuk mengunci cargo box agar tetap stabil saat terbang. Setelah tahap desain, dilakukan simulasi pengujian kekuatan struktur *cargo box* menggunakan Finite Element Analysis (FEA). Penelitian ini menghadapi masalah dalam pemilihan material yang kuat, ringan, dan aman untuk digunakan pada cargo box UAV VTOL, serta menjaga kestabilan cargo box saat terbang dan melakukan pengujian variasi beban dengan berat beban 25 kilogram dan 50 kilogram. Dari simulasi akan diperoleh output analisis yang menunjukkan pengaruh variasi material dan beban terhadap kekuatan struktur *cargo box*, berupa tegangan maksimum, displacement, dan safety factor. Tahapan penelitian mencakup identifikasi masalah dan tujuan penelitian, observasi, studi literatur, persiapan alat dan bahan untuk desain dan pengujian, permodelan 3D, pemilihan material, simulasi pengujian dengan FEM, pengambilan dan pengolahan data, analisis data hasil simulasi, dan menyimpulkan hasil penelitian. Teknik pengumpulan data menggunakan alat dan bahan seperti laptop untuk mengoperasikan software Solidworks, Solidworks Simulation untuk analisis struktur, mouse untuk mempermudah proses desain dan analisis, referensi desain UAV VTOL, dan buku serta pulpen untuk catatan harian atau *logbook* penelitian. Pada penelitian ini, digunakan tiga jenis material yaitu carbon fiber, fiberglass, dan aluminium alloy 6061 untuk analisis struktur wing UAV VTOL. Setiap material memiliki data properties yang berbeda seperti elastic modulus, Poisson's ratio, shear modulus, mass density, tensile strength, *compressive strength*, dan *yield strength*. Geometri cargo box berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 260 mm, lebar 248 mm, dan tinggi 157 mm. Analisis kekuatan struktur *cargo box* dilakukan menggunakan finite element analysis dengan pemberian boundary condition dan pembebanan pada cargo box. Pemilihan material menjadi langkah awal dalam analisis struktur, dan dilakukan proses meshing untuk memecah model geometri menjadi elemen-elemen diskrit yang lebih kecil sehingga memungkinkan perhitungan numerik yang akurat dan efisien.

## Hasil dan Pembahasan

### Permodelan desain 3D cargo box fixed wing UAV VTOL

Hasil permodelan desain 3D *cargo box* UAV VTOL menunjukkan bahwa *cargo box* tersebut berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 260 mm, lebar 248 mm, dan tinggi 157 mm. Desain ini mempertimbangkan luas area yang tersedia pada bagian dalam fuselage UAV VTOL. *cargo box* terdiri dari beberapa komponen, yaitu kotak kargo, penutup *cargo box* engsel, *bracket*, *toggle latches*, dan *midlock*. Desain 3D dari masing-masing komponen dibuat berdasarkan geometri dan dimensi yang telah ditentukan, dengan menggunakan software Solidworks 2018.

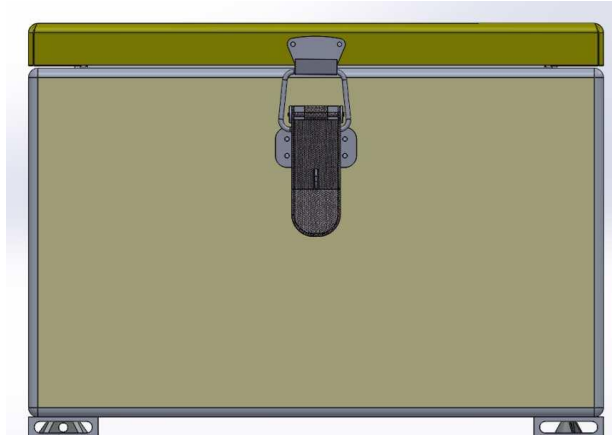
Hasil permodelan menunjukkan bahwa *cargo box* dan penutupnya telah berhasil dirancang sesuai dengan ukuran dan spesifikasi yang diinginkan. Engsel, *toggle latches*, dan *midlock* berfungsi sebagai mekanisme penutup yang aman dan efisien, serta mengamankan dan menahan muatan di dalam *cargo box* selama transportasi atau penerbangan. *Bracket* juga membantu mengatur dan menjaga kestabilan muatan dalam *cargo box*. Seluruh desain 3D ini diharapkan dapat mendukung efisiensi dan keamanan dalam pengangkutan dan logistik pada UAV VTOL.



**Gambar 4. Model 3D penggabungan semua komponen cargo box**

#### Sistem pengunci pada penutup cargo box

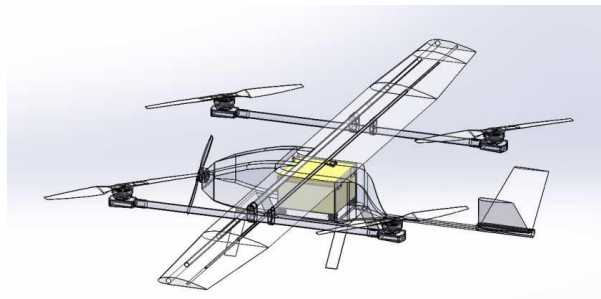
Toogle latches digunakan sebagai sistem pengunci pada penutup *cargo box* pada UAV VTOL. Fungsinya adalah untuk mengamankan muatan dalam kotak kargo selama transportasi atau penyimpanan. Keamanan, mencegah pergeseran dan getaran, pengamanan muatan, kemudahan penggunaan, aplikasi yang luas, efisiensi waktu, dan perawatan yang minim adalah beberapa manfaat dari penggunaan toogle latches. Toogle latches bekerja berdasarkan prinsip tuas, di mana pengguna menarik tuas untuk membuka kotak dan menekan kembali untuk mengunci kembali. Komponen utama toogle latches meliputi tuas, pegangan, lengan pengunci, dan penutup. Prinsip ini memastikan penguncian yang kuat dan efektif dengan gerakan yang sederhana dari tuas. Penggunaan toogle latches dalam desain *cargo box* UAV VTOL bertujuan untuk memberikan keamanan dan kestabilan muatan selama penerbangan dan transportasi.



**Gambar 5. Cargo box dengan pengunci penutup toggle latches**

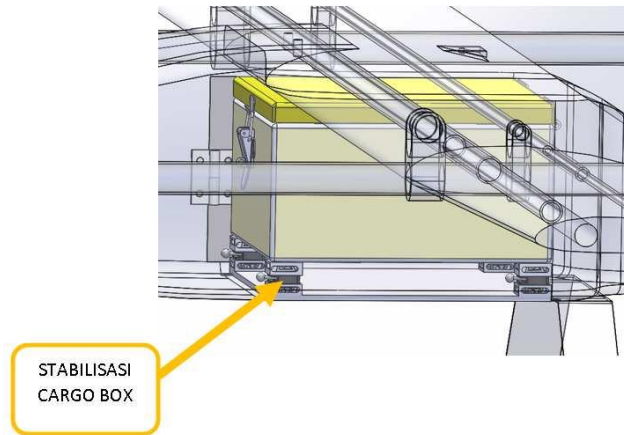
### Desain cargo box pada fuselage UAV VTOL

Pada pesawat UAV VTOL, *cargo box* dirancang sebagai ruang kargo yang terletak di dalam fuselage untuk mengangkut berbagai muatan seperti sensor, kamera, dan peralatan misi. UAV VTOL adalah pesawat tanpa awak yang dapat lepas landas dan mendarat secara vertikal, memungkinkan akses ke wilayah yang sulit dijangkau. Dimensi cargo box telah diperhatikan agar sesuai dengan ruang yang tersedia dalam fuselage UAV VTOL. Muatan maksimal yang diizinkan adalah 5 kg. *Cargo box* dirancang dengan material ringan namun kuat, seperti *fiberglass*, *carbon fiber*, dan *aluminium alloy 6061*. *Cargo box* dipasang dengan aman menggunakan *bracket* dan *midlock* untuk menjaga keseimbangan penerbangan dan menghindari risiko kerusakan. Adanya *cargo box* memungkinkan UAV VTOL untuk melakukan berbagai misi dengan efisien, seperti pemantauan lingkungan, survei lahan, keamanan, dan logistik, menunjukkan fleksibilitas dan manfaat teknologi ini.



**Gambar 6. Desain cargo box pada fuselage UAV VTOL**

Sistem stabilisasi dengan *bracket* dan *midlock* pada *cargo box* UAV VTOL sangat penting untuk memastikan keamanan dan stabilitas muatan selama penerbangan. Dengan menggunakan *bracket* yang kokoh dan pengunci *midlock* yang efektif, muatan di dalam *cargo box* tetap terlindungi dari getaran dan bergeser, memungkinkan distribusi beban yang tepat untuk menjaga keseimbangan pesawat. Selain itu, sistem ini juga memperkuat efisiensi operasional dan fleksibilitas misi UAV dengan memudahkan bongkar-muat muatan. Proses pemasangan *cargo box* melibatkan *bracket* yang terpasang kokoh di lantai *fuselage* untuk menahan *cargo box*. Setelah dimasukkan ke dalam ruang fuselage, *cargo box* akan dihubungkan dengan *bracket* menggunakan pengunci *midlock*. Pengunci *midlock* berfungsi untuk mengunci *cargo box* ke *bracket* dan lantai *fuselage* secara stabil dan aman, sehingga *cargo box* tidak akan bergeser selama penerbangan dan muatan di dalamnya tetap terlindungi. Sistem stabilisasi ini merupakan aspek penting dalam pemasangan *cargo box* pada UAV VTOL, yang bertujuan untuk memastikan kestabilan dan keselamatan muatan selama penerbangan.



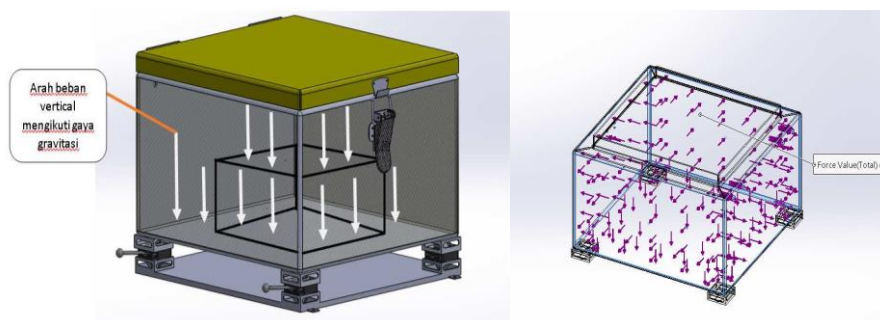
**Gambar 7. Cargo box dengan komponen stabilisasi**

Penerapan sistem stabilisasi bracket dan pengunci midlock pada cargo box UAV VTOL memiliki peran krusial. Sistem ini meningkatkan keamanan muatan dengan mengurangi pergerakan dan getaran selama penerbangan, meminimalkan risiko kerusakan atau pergeseran pada muatan. Selain itu, dengan cargo box yang lebih stabil dan terkunci, UAV VTOL dapat menjaga keseimbangan dan stabilitas penerbangan secara lebih efektif, terutama selama fase lepas landas dan mendarat yang kritis. Presisi misi juga ditingkatkan dengan mempertahankan orientasi dan posisi muatan yang diangkat, meningkatkan akurasi dan keberhasilan pelaksanaan misi. Meskipun implementasi sistem stabilisasi dapat menambah kompleksitas dan biaya produksi UAV VTOL, manfaatnya yang signifikan membuatnya menjadi opsi yang lebih menguntungkan untuk memastikan kesuksesan dan keamanan operasi UAV VTOL dalam membawa muatan.

Dalam perbandingan cargo box (kotak kargo) tanpa stabilisasi dan dengan stabilisasi menggunakan bracket dan pengunci midlock pada UAV VTOL (Vertical Takeoff and Landing), berikut adalah beberapa perbedaan yang relevan: Cargo box tanpa sistem stabilisasi cenderung bergerak secara bebas di dalam fuselage UAV VTOL. Ketika UAV mengalami gerakan atau perubahan sudut selama lepas landas, mendarat, atau selama penerbangan, cargo box dapat mengalami guncangan dan getaran yang dapat menyebabkan kerusakan atau pergeseran pada muatan yang ada di dalamnya. Hal ini dapat berdampak negatif pada keamanan muatan dan kemampuan UAV untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas selama misi.

Dalam sistem stabilisasi menggunakan bracket dan pengunci midlock, cargo box akan diikat atau dikunci secara lebih stabil di dalam fuselage UAV VTOL. Bracket dan pengunci midlock membantu untuk mengurangi pergerakan dan getaran yang ditransmisikan dari UAV ke cargo box. Dengan demikian, muatan di dalam cargo box menjadi lebih terlindungi dan stabil selama penerbangan.

#### **Analisa kekuatan struktur *cargo box***



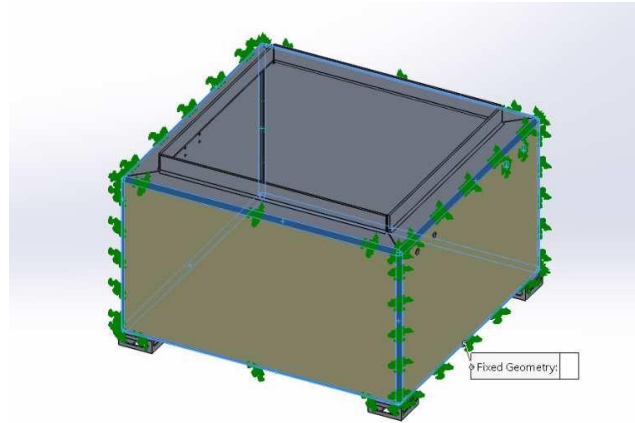
**Gambar 6. Cargo box dengan beban gaya vertikal**



Analisis yang dilakukan pada struktur *cargo box* (kotak kargo) menggunakan *finite element analysis*. Hasil yang diperoleh berupa tegangan maksimum yang terjadi, *displacement* (perpindahan) dan *safety factor*. Tegangan maksimum diperoleh dari kekuatan tarik dari material yang digunakan. Dan nilai *safety factor* yang digunakan pada analisis ini yaitu 1,5 - 2,0. Analisis pada *cargo box* menggunakan variasi material yaitu *fiberglass aluminium 6061 alloy* dan *carbon fiber*.

Pada struktur *cargo box* juga dilakukan pengujian dari 25 kg dan 50 kg. Letak gaya yang diberikan pada struktur *cargo box* yaitu di bagian dalam dari kotak box dengan arah gaya vertical ke bawah.

#### Pemberian *fixed geometry* atau *boundary condition*



**Gambar 7. Pemberian *fixed geometri* pada *cargo box***

Tujuan dari pemberian *boundary condition* (kondisi batas) dalam analisis kekuatan struktur *cargo box* UAV VTOL adalah untuk memodelkan interaksi struktur dengan lingkungan sekitarnya dan menguji responsnya terhadap berbagai beban eksternal yang mungkin terjadi selama operasi. Dengan menetapkan kondisi batas yang tepat.

**Tabel 1. Hasil analisis struktur *cargo box* material aluminium alloy 6061**

No	Pembebanan	Tegangan	<i>Displacement</i>	<i>Safety factor</i>	Berat box
1	25 kg	5 MPa	0,12 mm	11	1,22 kg
2	50 kg	10 MPa	0,24 mm	5,5	

**Tabel 2. Hasil analisis struktur *cargo box* material carbon fiber**

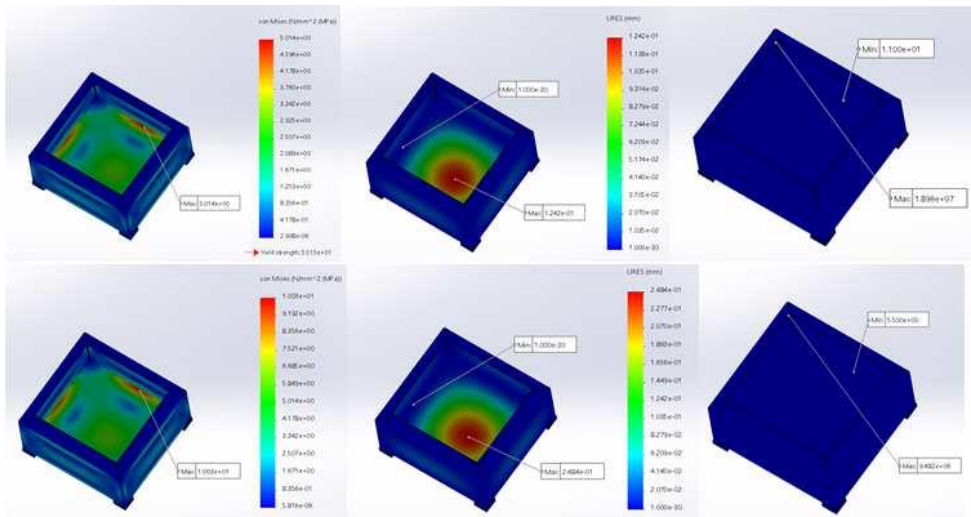
No	Pembebanan	Tegangan	<i>Displacement</i>	<i>Safety factor</i>	Berat box
1	25 kg	5,1 MPa	0,008 mm	107	0,64 kg
2	50 kg	10,2 MPa	0,01 mm	53	

**Tabel 3. Hasil analisis struktur *cargo box* material fiberglass**

No	Pembebanan	Tegangan	<i>Displacement</i>	<i>Safety factor</i>	Berat box
1	25 kg	5,2 MPa	0,01 mm	78	0,93 kg
2	50 kg	10,5MPa	0,02 mm	59	

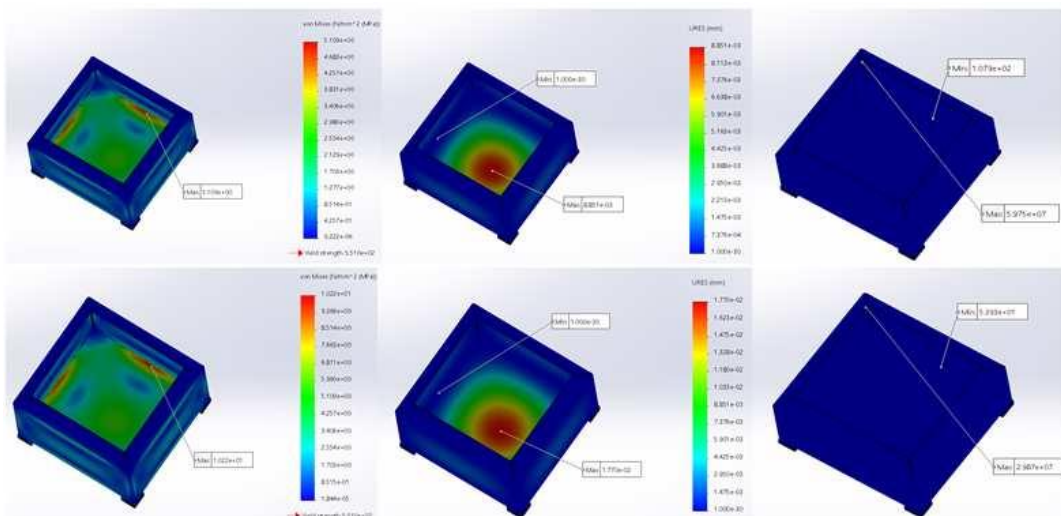
Hasil simulasi kekuatan struktur *cargo box* menggunakan material aluminium alloy 6061 menunjukkan tegangan maksimum, *displacement*, dan *safety factor* pada pembebanan 25 kg dan 50 kg. Pada beban 25 kg, tegangan maksimum sebesar 5 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. *Displacement* terbesar terjadi di bagian tengah permukaan dalam kotak kargo dengan perpindahan sebesar 0,12 mm. Nilai *safety factor* pada beban 25 kg adalah 10,8, menandakan keamanan struktur *cargo box* aluminium alloy untuk menerima beban

250 N. Pada pembebanan 50 kg, tegangan maksimum sebesar 10 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. Displacement terbesar adalah 0,24 mm pada bagian tengah kotak kargo. Safety factor pada beban 50 kg adalah 5,5, menandakan keamanan struktur untuk menerima beban 500 N.



**Gambar 8. Finite elemen analisis Pembebanan 25kg dan 50 kg material aluminium alloy 6061**

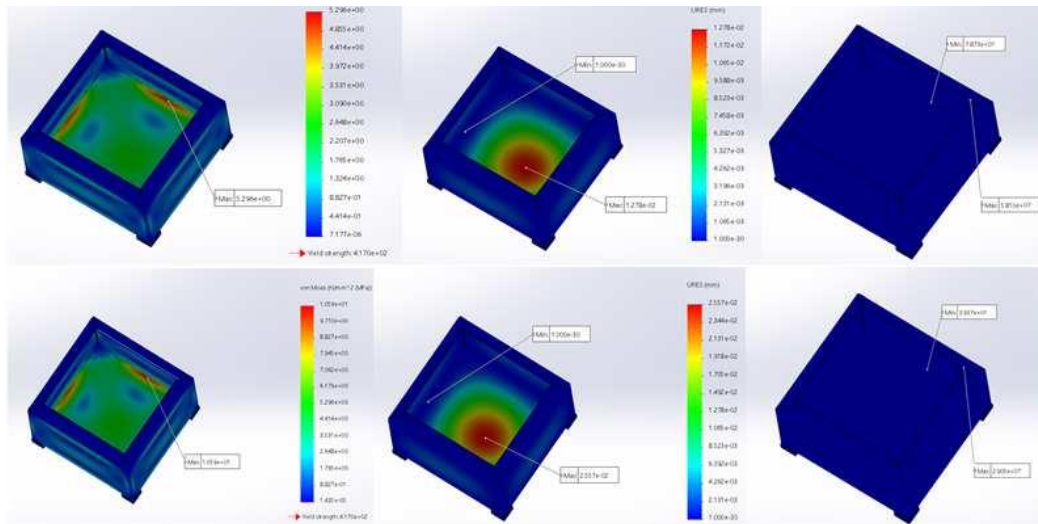
Hasil simulasi kekuatan struktur cargo box menggunakan material carbon fiber menunjukkan tegangan maksimum, displacement, dan safety factor pada pembebanan 25 kg dan 50 kg. Pada beban 25 kg, tegangan maksimum sebesar 5,1 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. Displacement terbesar terjadi di bagian tengah permukaan dalam kotak kargo dengan perpindahan sebesar 0,008 mm. Nilai safety factor pada beban 25 kg adalah 107, menandakan keamanan struktur cargo box carbon fiber untuk menerima beban 250 N. Pada pembebanan 50 kg, tegangan maksimum sebesar 10,2 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. Displacement terbesar adalah 0,01 mm pada bagian tengah kotak kargo. Safety factor pada beban 50 kg adalah 53, menandakan keamanan struktur untuk menerima beban 500 N.



**Gambar 9. Finite elemen analisis Pembebanan 25kg dan 50 kg material carbon fiber**

Hasil simulasi kekuatan struktur cargo box menggunakan material fiberglass menunjukkan tegangan maksimum, displacement, dan safety factor pada pembebanan 25 kg dan 50 kg. Pada beban 25 kg,

tegangan maksimum sebesar 5 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. Displacement terbesar terjadi di bagian tengah permukaan dalam kotak kargo dengan perpindahan sebesar 0,01 mm. Nilai safety factor pada beban 25 kg adalah 78, menandakan keamanan struktur cargo box fiberglass untuk menerima beban 250 N. Pada pembebanan 50 kg, tegangan maksimum sebesar 10,5 MPa terjadi di sudut bagian dalam permukaan kotak kargo, masih di bawah tegangan luluh material. Displacement terbesar adalah 0,02 mm pada bagian tengah kotak kargo. Safety factor pada beban 50 kg adalah 39, menandakan keamanan struktur untuk menerima beban 500 N.



**Gambar 10. Finite elemen analisisPembebanan 25kg dan 50 kg material fiberglass Bobot cargo box dan dampaknya bagi UAV VTOL**

Berat cargo box UAV VTOL sangat dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. Berdasarkan analisis mass properties pada Solidworks, berat masing-masing material untuk cargo box adalah sebagai berikut: carbon fiber seberat 0.64 kg, fiberglass seberat 0.93 kg, dan aluminium alloy 6061 seberat 1.22 kg. Penggunaan material carbon fiber dengan berat 0.64 kg menunjukkan keunggulan dalam ringan dan kekuatan tarik yang tinggi. Hal ini sangat menguntungkan untuk UAV VTOL karena dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar, daya angkat, dan jangkauan terbang. Material fiberglass dengan berat 0.93 kg menawarkan ketahanan terhadap benturan dan korosi, cocok untuk aplikasi dengan pertimbangan fisik dan cuaca ekstrem. Sementara material aluminium alloy 6061 dengan berat 1.22 kg menawarkan kekuatan dan ketangguhan tinggi, ideal untuk beban yang lebih besar dan tahan terhadap gaya tarik.

Pemilihan material berpengaruh pada desain dan kinerja UAV VTOL. Penggunaan carbon fiber dapat mengurangi bobot total pesawat, meningkatkan efisiensi dan daya angkat. Perancangan struktur dan stabilitas pesawat harus mempertimbangkan distribusi berat yang optimal untuk menjaga keseimbangan dan kinerja penerbangan yang baik. Selain itu, beban maksimum berat cargo box juga mempengaruhi muatan maksimum yang dapat diangkut oleh UAV VTOL. Dengan memilih material yang lebih ringan dan kuat seperti carbon fiber, UAV dapat membawa lebih banyak muatan atau memperpanjang jangkauan penerbangan.

Dalam konteks UAV VTOL, ringan adalah kunci untuk memaksimalkan efisiensi dan kinerja penerbangan. Oleh karena itu, pemilihan material cargo box harus dipertimbangkan secara komprehensif dengan mempertimbangkan kinerja, ketahanan, dan biaya untuk mencapai desain UAV VTOL yang optimal dan efisien.

## Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai desain cargo box pada UAV VTOL telah dilakukan dengan menggunakan berbagai material dan variasi pembebanan. Cargo box ini diintegrasikan ke dalam badan pesawat UAV VTOL dengan ukuran 260 mm x 248 mm x 157 mm dan ketebalan material 2 mm. Struktur cargo box terdiri dari komponen seperti kotak kargo, penutup dengan engsel, pengunci menggunakan toggle latches, serta bracket dan pengunci midlock untuk menjaga stabilitas cargo box. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga jenis material, yaitu aluminium alloy 6061, carbon fiber, dan fiberglass, serta dua variasi pembebanan, yaitu 25 kg dan 50 kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa material carbon fiber memiliki tegangan, perpindahan, dan nilai safety factor yang lebih baik dibandingkan dengan aluminium alloy 6061 dan fiberglass. Cargo box berbahan carbon fiber juga memiliki berat yang paling ringan, yaitu 0,64 kg. Meskipun hasil pengujian menunjukkan material yang aman berdasarkan standar safety factor, namun disarankan untuk melakukan analisis lebih mendalam mengenai kekuatan struktur dan mekanisme pengunci penutup cargo box. Dalam perancangan selanjutnya, dapat dipertimbangkan penggunaan material yang lebih tipis dan efisien, serta variasi beban untuk menemukan kegagalan struktur pada material yang digunakan. Penggunaan model sandwich juga dapat menjadi pilihan untuk menciptakan struktur yang lebih ringan namun tetap kuat untuk cargo box.

## Daftar Pustaka

- Awwaluddin, M., & Purwanta, E. (2014). Analisis Statik Support Pemegang Sumber Pada Prototip Pencitraan Peti Kemas Menggunakan Ansys. *Jurnal Perangkat Nuklir*, 8(1), 32–39.
- Haryanti, N., Lukman Sanjaya, F., Supriyadi, A., Studi, P. D., Mesin, T., Harapan Bersama Jl Dewi Sartika No, P., Kidul, P., & Tegal, K. (2021). *RANCANG BANGUN KERANGKA TURBIN ULIR ARCHIMEDES UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBANTU PERANGKAT LUNAK SOLIDWORKS 2016*.
- Maulidi, A., & Khaerudin, A. (2022). *Pengembangan Prototipe Pesawat Udara Tanpa Awak Jenis Fixed Wing VTOL*. 02(02), 128–138.
- Muchid, M., Suwondo, A. J., & Hardjoko, E. (2018). Analisa Static Pada Mesin Penghalus Roll Conveyor Menggunakan Solidwork. *Seminar Nasional Hasil ...*, 123–128.
- Naubnome, V. (2020). Analisis Uji Tarik Dan Simulasi Kegagalan Pada Baja Ss400 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.32662/gojise.v3i1.840>
- 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. <https://doi.org/10.28989/senatik.v6i0.422>
- Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Katolik, U., Atma, I., Pengajar, S., Mesin, T., Teknik, F., Katolik, U., Atma, I., Teknik, S., Sutantyo, G., Tobing, S., & Atmoko, B. (2022). *PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR STATIS TERHADAP*. 16(2), 68–76. <https://doi.org/10.24853/sintek.16.2.68-76>
- 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. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v17i1.297>
- Wibawa, L. A. N. (2019). Desain dan Analisis Tegangan Alat Pengangkat Roket Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 2(01), 23–26. <https://doi.org/10.33795/jetm.v2i01.31>