

Perancangan *Hook Static Line* Parasut MC1-1C berbahan komposit *Carbon Epoxy* menggunakan software Solidwork dan MSC Patran/Nastran

Pramudya W. Ardana^{1,*}, M.A. Ghofur²

^{1,2} Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara, Indonesia

Article Info

Article history:

Received June 19, 2023

Accepted June 27, 2023

Published June 27, 2023

Keywords:

Komposit
Carbon Epoxy
Hook Static Line
Arah Sudut Serat
Uji Tarik

ABSTRAK

Hook static line parasut tipe MC1-1C adalah salah satu contoh alutsista TNI yaitu kait kabel yang berbahan dasar logam/besi yang terpasang ke parasut dan ke bagian atas "D-Bag" *jumper* (tas parasut). Material pembentuknya biasanya menggunakan logam/besi. Saat ini telah berkembang material yang sama kuatnya dengan logam/besi seperti komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh 3 arah sudut serat yaitu 0° , 90° dan 0° dan 90° terhadap 4 aspek yaitu *Stress*, *Failure*, *Displacement* dan *Weight* dari komposit dengan material *carbon epoxy*. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa struktur terbaik dari komposisi material *Carbon Epoxy* adalah arah sudut 0° dengan nilai *Stress* yang terjadi sebesar 14,7 MPa, *Failure Indices* sebesar 0,483, *Displacement* sebesar 0,0256 dan *Weight* sebesar 120800 mg. Komposisi struktur yang memiliki arah sudut serat 100% searah dengan gaya pembebanan yang diberikan pada struktur ini (yaitu arah 0°), memiliki kekuatan struktur yang terbaik diantara arah sudut serat lainnya.



Penulis Korespodensi:

Pramudya W. Ardana
Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan
Akademi Angkatan Udara
Jl. Raya Solo - Yogyakarta, Mereden, Sendangtirto, Kec. Kalasan, Kabupaten Sleman, DIY 55281
Email: *pramudyaw22@gmail.com

1. PENGANTAR

Alat utama sistem senjata (alutsista) merupakan salah satu unsur pembentuk kekuatan militer suatu negara. Penjelasan mengenai apa itu alutsista terdapat dalam Peraturan Menteri Pertahanan (Permenhan) Nomor 17 Tahun 2014. Permenhan tersebut mengatur tentang Pelaksanaan Pengadaan Alat Utama Sistem Senjata di Lingkungan Kementerian Pertahanan (Kemenhan) dan Tentara Nasional Indonesia (TNI). Pasal 1 ayat (1) menjelaskan pengertian dari alutsista. "Alat Utama Sistem Senjata Tentara Nasional Indonesia yang selanjutnya disebut Alutsista TNI adalah alat peralatan utama beserta pendukungnya yang merupakan suatu sistem senjata yang memiliki kemampuan untuk pelaksanaan tugas pokok TNI."

Hook static line parasut tipe MC1-1C adalah salah satu contoh alutsista yang ada di lingkungan TNI dan termasuk kedalam sarban (sarana dan bantuan) TNI AU. *Hook static line* adalah kait kabel yang berbahan dasar logam/besi yang terpasang ke parasut dan ke bagian atas "D-Bag" *jumper* (tas parasut). Jatuhnya penerjun payung dari pesawat menyebabkan garis statis menjadi kencang, ini kemudian menarik D-Bag keluar dari wadah di punggung penerjun payung.

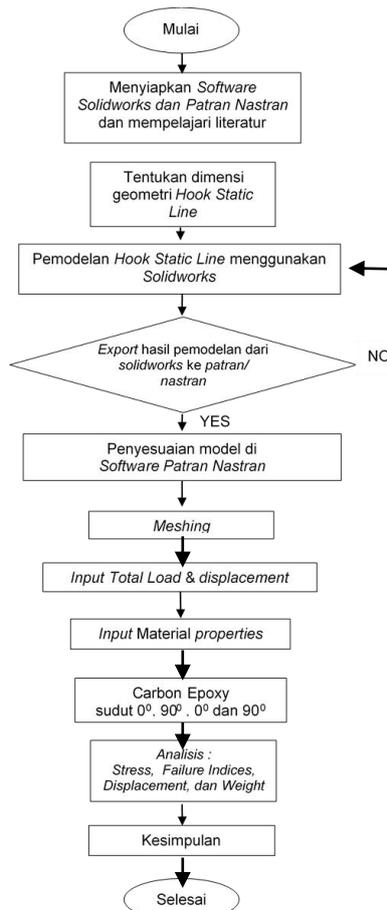
Material pembentuk dari *hook static line* parasut tipe MC1-1C umumnya menggunakan logam/besi. Saat ini telah berkembang material yang sama kuatnya dengan logam/besi seperti komposit, komposit polimer berserat memiliki beberapa keunggulan seperti mudah dalam produksi, hemat biaya, mudah dijangkau bahan dasarnya, dan serat-serat yang akan digunakan sebagai penggantinya pun sudah teruji [1]–[3]. Pengujian kekuatan komposit dengan material lainnya seperti aluminium dan titanium pada komponen sayap pesawat terbang menunjukkan komposit masih unggul [4], [5]. Pada saat ini belum ada yang menggunakan komposit untuk membuat *hook static line* maka dari itu perlu dilaksanakan pengujian 4 aspek [6] terkait penggunaan komposit untuk mengetahui karakteristik kekuatan serat yang dimodelkan pada *hook static line*. Penelitian ini

menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) untuk mengetahui kekuatan dari *hook static line*. Nantinya serat polimer yang digunakan dalam percobaan ini adalah serat carbon.

Material komposit sangat beragam, setiap jenis material mempunyai struktur kekuatan yang berbeda-beda. Kekuatan dari material komposit salah satunya dipengaruhi oleh arah serat komposit [7]. Selain itu, penelitian ini dimaksudkan untuk membuat *hook static line* dengan material komposit dengan serat karbon serta memberikan gambaran tentang perlunya alternative pembuatan komposit yang dapat dimanfaatkan di lingkungan militer. Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah menganalisis pengaruh sudut serat komposit *Carbon Epoxy* terhadap kekuatan struktur *Hook Static Line*. Sedangkan batasan masalah dalam penelitian ini antara lain ketebalan (*thickness*) komponen *hook static line* parasut MC1-1C dibuat seragam sebesar 10 mm, pengujian yang dilakukan adalah pengujian Tarik tetapi tidak melakukan pengujian terhadap material pembentuk utama dari *hook static line*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah simulasi menggunakan software baik perancangan maupun pengujian tariknya. Proses pengambilan data dilakukan menggunakan software MSC Patran/Nastran. Desain produk sebagai bahan uji penelitian menggunakan *Hook Static Line Parachute* MC1-1C yang dimodifikasi jenis materialnya. Variabel penelitian diukur dengan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Material Komposit *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0°, sudut serat 90° dan dengan sudut serat 0° dan 90°. Sedangkan Variabel terikatnya adalah *Stress, Failure, Indices, Displacement, Weight* dan menjadi variabel tetap disini adalah ketebalan (*thickness*) dari material *Hook Static Line*. Spesifikasi alat yang digunakan adalah Laptop dengan prosesor Intel Core i5-1035G1 dengan RAM hingga 8GB dan Storage 512GB, dengan data ukuran *Hook Static Line Parachute* MC1-1C, Material Carbon serta Software Solidworks 2022 & software MSC Patran/Nastran 2018. Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui karakter kekuatan pada *Hook Static Line Parachute* MC1-1C. Pengujian menggunakan software MSC Patran/Nastran 2018 serta proses perancangannya menggunakan software Solidworks 2022. Diagram alir penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir

Tempat yang digunakan untuk penelitian yaitu Laboratorium VMT, Departemen Aeronautika, Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian

Pengujian pada *Hook Static Line Parachute* MC1-1C untuk mencari bahan pengganti dari *Hook Static Line Parachute* MC1-1C berbahan dasar dari logam. Pengujian ini menggunakan metode elemen hingga atau *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan software MSC Patran/Nastran. Pemodelan 3D *Hook Static Line Parachute* MC1-1C menggunakan software Solidworks. Pengujian dilaksanakan pada pemodelan *Hook Static Line Parachute* MC1-1C dengan variasi material Carbon Epoxy. Pengujian FEA pada MSC Patran/Nastran menerapkan pembebanan sebesar 163 Kg pada titik yang telah di tentukan.

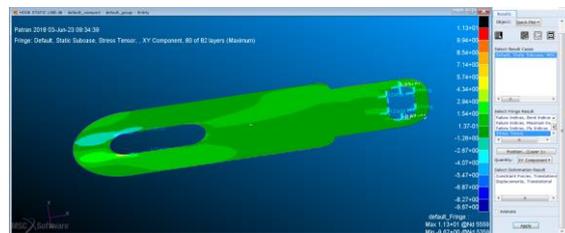
Tabel 1. Material *Carbon/Epoxy*

Properties	HM <i>Carbon/Epoxy</i>	Satuan
<i>Volume fiber Vf</i>	60%	-
<i>Elastis Modulus 11</i>	196000	MPa
<i>Elastis Modulus 22</i>	7700	MPa
<i>Poissin Ratio 12</i>	0,3	
<i>Shear Modulus 12 (G12)</i>	4200	MPa
<i>Shear Modulus 23 (G23)</i>	4200	MPa
<i>Shear Modulus 13 (G13)</i>	4200	MPa
<i>Density</i>	1.6	Mg/mm3

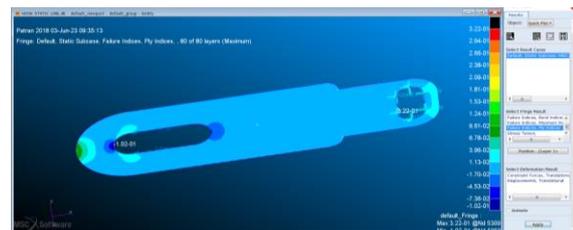
3.2. Analisis

3.2.1 Hasil Pengujian pada Material *Carbon Epoxy* sudut serat 0 derajat.

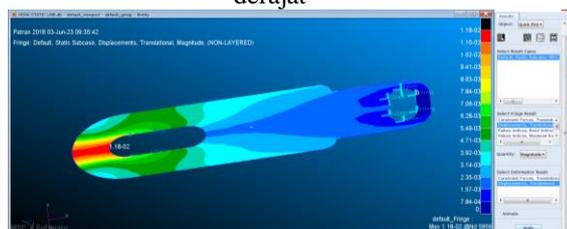
Pengujian struktur *Hook Static Line Parachute* MC1-1C berbahan material *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat diperoleh nilai *Stress* maksimum sebesar 11,3 MPa seperti pada Gambar 2. *Stress* merupakan gaya persatuan luas dimana gaya yang dikenakan tegak lurus terhadap benda, maka tegangan tersebut normal. Nilai *Failure Indices* diperoleh sebesar 0,322 seperti pada Gambar 3. Dimana teori kegagalan Tsai-Wu mengatakan bahwa jika nilai dibawah 1 menandakan struktur dalam kondisi aman, sedangkan bila diperoleh nilai FI diatas 1 maka sudah mengalami kegagalan struktur. *Displacement* maksimum yang terjadi pada struktur ini sebesar 0,0118 mm, seperti pada Gambar 4. Sedangkan *weight* struktur ini sebesar 128900 mg, seperti pada Gambar 5.



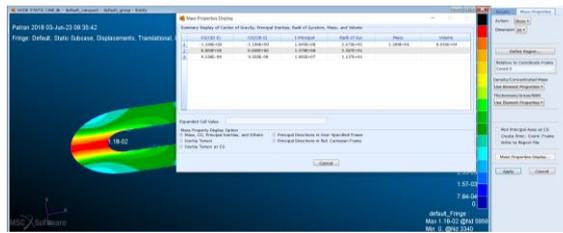
Gambar 2. Hasil *stress* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat



Gambar 3. Hasil *Failure Indicase* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat



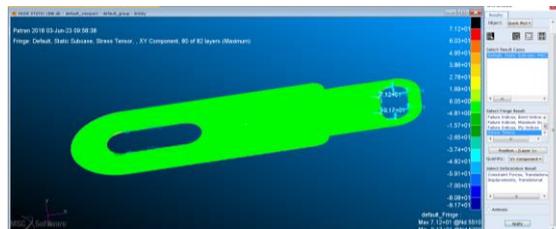
Gambar 4. Hasil *displacement* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat



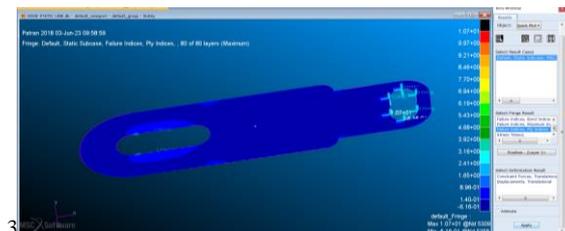
Gambar 5. Hasil *Weight* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat.

3.2.2. Hasil Pengujian pada Material *Carbon Epoxy* sudut serat 90 derajat.

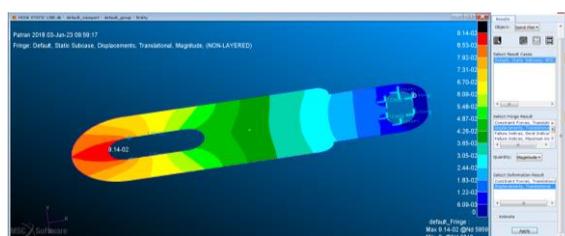
Pengujian struktur *Hook Static Line Parachute* MC1-1C berbahan material Kevlar Epoxy dengan sudut serat 90 derajat diperoleh nilai *Stress* maksimum sebesar 71,2 MPa seperti pada Gambar 6. *Stress* merupakan gaya persatuan luas dimana gaya yang dikenakan tegak lurus terhadap benda, maka tegangan tersebut normal. Nilai *Failure Indices* diperoleh sebesar 10,7 seperti pada Gambar 7. Dimana teori kegagalan Tsai-Wu [5] mengatakan bahwa jika nilai dibawah 1 menandakan struktur dalam kondisi aman, sedangkan bila diperoleh nilai FI diatas 1 maka sudah mengalami kegagalan struktur. *Displacement* maksimum yang terjadi pada struktur ini sebesar 0,0914 mm, seperti pada Gambar 8. Sedangkan *weight* struktur ini sebesar 128900 mg, seperti pada Gambar 9.



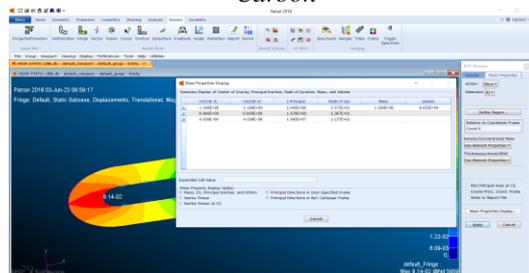
Gambar 6. Hasil *stress* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 90 derajat



Gambar 7. Hasil *Failure Indicase* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 90 derajat



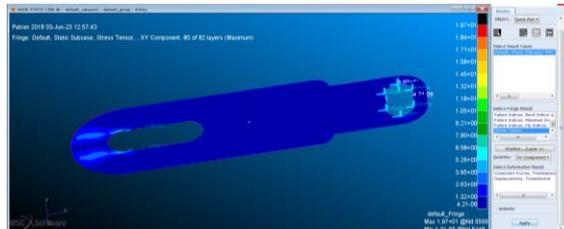
Gambar 8. Hasil *displacement* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 90 derajat



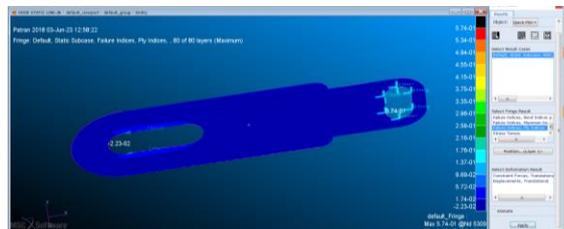
Gambar 9. Hasil *Weight* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 90 derajat

3.2.3. Hasil Pengujian pada Material Carbon Epoxy sudut serat 0/90 derajat.

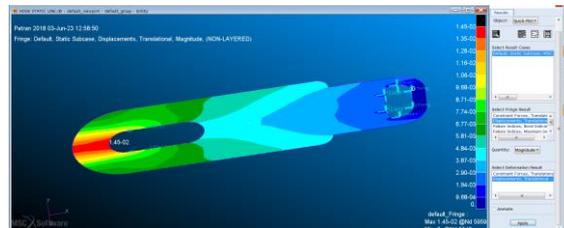
Pengujian struktur *Hook Static Line Parachute* MC1-1C berbahan material Kevlar Epoxy dengan sudut serat 0/90 derajat diperoleh nilai *Stress* maksimum sebesar 19,7 MPa seperti pada Gambar 10. *Stress* merupakan gaya persatuan luas dimana gaya yang dikenakan tegak lurus terhadap benda, maka tegangan tersebut normal. Nilai *Failure Indices* diperoleh sebesar 0,574 seperti pada Gambar 11. Dimana teori kegagalan Tsai-Wu mengatakan bahwa jika nilai dibawah 1 menandakan struktur dalam kondisi aman, sedangkan bila diperoleh nilai FI diatas 1 maka sudah mengalami kegagalan struktur. *Displacement* maksimum yang terjadi pada struktur ini sebesar 0,0145 mm, seperti pada Gambar 12. Sedangkan *weight* struktur ini sebesar 128900 mg, seperti pada Gambar 13.



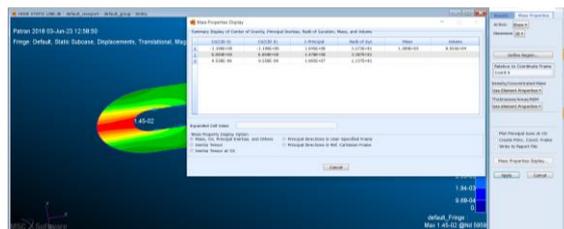
Gambar 10. Hasil *stress* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0/90 derajat



Gambar 11. Hasil *Failure Indices* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0/90 derajat



Gambar 12. Hasil *displacement* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0/90 derajat



Gambar 13. Hasil *Weight* dari *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0/90 derajat.

Hasil analisis Kekuatan struktur *Hook Static Line* berbahan *Carbon Epoxy* dengan variasi sudut 0°, 90° dan gabungan 0° dan 90°, diperoleh struktur yang paling aman terjadi pada struktur dengan komposisi arah serat 0° dimana nilai *Failure Indices* 0,322 (dibawah 1). Ini juga ditandai dengan *stress* yang terjadi paling kecil jika dibanding dengan arah serat yang lain. Arah serat 0° ini searah dengan arah pembebanan yang diberikan pada *Hook Static Line*. Hasil perbandingan ketiga sudutnya dapat dilihat dari tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Perbandingan Hasil 3 Sudut Material *Carbon Epoxy*

NO	MATERIAL	ARAH SUDUT SERAT	STRESS (MPa)	FAILURE INDICES	DISPLACEMENT (mm)	WEIGHT (mg)	KETERANGAN
1	CARBON EPOXY	0°	11,3	0,322	0,0118	128900	Aman
2	CARBON EPOXY	90°	71,2	10,7	0,0914	128900	Tidak aman
3	CARBON EPOXY	0° dan 90°	19,7	0,574	0,0145	128900	Aman

Hasil pengujian material pada setiap jenis material komposit *Carbon Epoxy* seperti pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada sudut 0 derajat, struktur mengalami *Stress* yang rendah dikarenakan arah serat searah dengan arah pemberian beban pada struktur *Hook Static Line*. Ini diperkuat dengan nilai *Failure Indices*, dimana *stress* yang rendah menghasilkan nilai *Failure Indices* yang rendah. Struktur yang aman dengan ketebalan 10 mm pada komposisi material *Carbon Epoxy* adalah dengan sudut 0 derajat dan *Carbon Epoxy* sudut 0 dan 90 derajat. Ini ditandai dengan parameter *Failure Indices* dibawah 1. Komposisi material terbaik dalam penelitian ini adalah pada jenis material *Carbon Epoxy* dengan sudut serat 0 derajat. Sehingga dari penelitian ini diperoleh bahwa jenis material dan arah sudut serat sangat mempengaruhi kekuatan suatu struktur *Hook Static Line*.

4. KESIMPULAN

Perbandingan kekuatan (strength) struktur *Hook Static Line* dengan bahan komposit *Carbon Epoxy*, dengan 3 sudut arah serat diperoleh struktur yang aman adalah *Carbon Epoxy* sudut 0 derajat dan *Carbon Epoxy* sudut 0 dan 90 derajat. Kedua komposisi tersebut memiliki nilai *Failure Indices* dibawah 1 (Aman). Dimana sudut serat 0 derajat memiliki *failure indices* lebih rendah sehingga membuat pemodelan aman terhadap pembebanan yang diberikan sedangkan sudut serat 90 derajat memiliki nilai *failure indices* yang besar sehingga tidak memungkinkan untuk diberikan pembebanan yang dicantumkan sama halnya dengan sudut serat gabungan antara 0 dan 90 derajat tidak aman karena memiliki nilai *failure indices* lebih besar. Untuk struktur terbaik dari hasil penelitian ini adalah komposisi material *Carbon Epoxy* dengan arah sudut 0 derajat Nilai *Stress* yang terjadi sebesar 14,7 MPa, *Failure Indices* sebesar 0,483, *Displacement* sebesar 0,0256 dan *Weight* sebesar 120800 mg.

Pengaruh arah sudut serat pada struktur *Hook Static Line* berbahan komposit *carbon Epoxy* diperoleh hasil bahwa arah sudut serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur *Hook Static Line*. Komposisi struktur yang memiliki arah sudut serat 100% searah dengan gaya pembebanan yang diberikan pada struktur ini (yaitu arah 0 derajat), memiliki kekuatan struktur yang terbaik diantara arah sudut serat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Astika and I. G. Komang Dwijana, "Karakteristik Sifat Tarik Dan Mode Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Tapis Kelapa," *Din. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 78–83, 2014, doi: 10.29303/d.v4i2.55.
- [2] I. M. Astika and I. G. K. Dwijana, "Karakteristik Serapan Suara Komposit Polyester Berpenguat Serat Tapis Kelapa," *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, 2016, doi: 10.29303/d.v6i1.19.
- [3] S. Arif, D. Irawan, and M. Jainudin, "Analisis Sifat Mekanis Perbandingan Campuran Komposit Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Matrik Epoxy Untuk Material Kampas Rem Cakram," *J. Technopreneur*, vol. 7, no. 2, pp. 58–63, 2019, doi: 10.30869/jtech.v7i2.385.
- [4] M. E. Adamy, M. A. Ghofur, I. A., and P. Y.T., "Optimasi Desain Dan Analisis Kekuatan Struktur Sayap Komposit, Aluminium dan Titanium Dengan Variasi Material, Thickness Dan Kondisi Batas Menggunakan MSC Patran Nastran (Studi Kasus Pesawat UAV CH-4).," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 6, pp. 81–92, 2020, doi: 10.28989/senatik.v6i0.430.
- [5] M. A. Ghofur and B. K. Hadi, "Perancangan Sayap Komposit Pesawat UAV HALE Dan Analisis Kegagalan Tsai-Wu," *AAU-JDST (Journal Def. Sci. Technol.)*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [6] K. Gojny and A. Dacko, "Investigation of finite element (Fe) modelling of composite materials: Shell, solid and solid layered composite modelling – comparison of impact on simulation results," *Compos. Theory Pract.*, vol. 21, no. 1–2, pp. 29–39, 2021.
- [7] M. A. Ghofur and M. F. Nosar, "Analisis Pengaruh Orientasi Arah Serat pada Sayap Komposit Menggunakan Solidworks dan Patran Nastran," *AAU-JDST (Journal Def. Sci. Technol.)*, vol. 5, no. 2, 2016.