

# ANALISIS KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT SINTETIS DAN RESIN EPOXY UNTUK POPOR SENJATA M-16 MENGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS & MSC PATRAN/NASTRAN

Henry William<sup>1</sup>, M. Abdul Ghofur<sup>2</sup>, D. Aminto Syahid<sup>3</sup>.

<sup>1,2,3</sup>Departemen Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara  
<sup>1,2,3</sup>bonduitbiz@aau.ac.id

**Abstrak** — Senjata M-16 yang biasa digunakan para Taruna AAU untuk berlatih seringkali mengalami kerusakan di bagian popornya yaitu berupa retak ataupun pecah. Tujuan dari penelitian ini adalah melaksanakan analisis untuk mengkaji kekuatan Popor Senjata M16 dengan berbagai jenis variasi material komposit dengan serat sintetis berupa serat Fiberglass, Kevlar dan Karbon serta untuk mengidentifikasi Komposit manakah yang memiliki sifat mekanik paling optimal sebagai material penyusunnya. Analisis dilakukan untuk membandingkan kekuatan (strength) dan berat struktur Popor Senjata M16 dengan bahan komposit Fiberglass Epoxy, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy dengan uji impak menggunakan aplikasi MSC Patran/Nastran. Hasil Analisis uji impak menggunakan MSC Patran/Nastran pada Popor Senjata M-16 bermaterial fiberglasss, karbon, dan kevlar didapatkan bahwa tingkatan berdasarkan nilai perpindahan (displacement) uji Tekan dari yang rendah ke yang tinggi yaitu material yang pertama adalah karbon, yang kedua adalah fiberglass dan yang terakhir adalah kevlar.

**Kata kunci:** Komposit, Serat Sintetis, Popor Senjata, Solidwork, MSCP Patran/Nastran

**Abstract** — The M-16 guns that AAU cadets typically use for training frequently have stock damage in the form of fractures or breaks. The goal of this study is to conduct an analysis to determine the strength of the M16 Weapon Stock with various types of composite materials containing synthetic fibers such as Fiberglass, Kevlar, and Carbon fibers, and to determine which composite has the best mechanical properties as its constituent material. An impact test using the MSC Patran/Nastran application was used to assess the strength and weight of the M16 Weapon Stock construction with Fiberglass Epoxy, Carbon Epoxy, and Kevlar Epoxy composite materials. The results of an impact test analysis using MSC Patran/Nastran on fiberglass M-16 buttstocks, The results of an impact test analysis using MSC Patran/Nastran on M-16 buttstocks made of fiberglass, carbon, and Kevlar revealed that the level based on the pressure test displacement value ranged from low to high, namely carbon, fiberglass, and kevlar.

**Keywords:** Composites, synthetic fibers, Weapon Stock, Solidwork, MSCP Patran/Nastran

## 1. PENDAHULUAN

Senjata Api merupakan materil yang sangat erat hubungannya dengan TNI-POLRI. Di Akademi Angkatan Udara Senjata api digunakan oleh para Taruna

AAU untuk melaksanakan latihan menembak, devile, kolone senapan dan kegiatan lainnya. Seiring dengan berkembangnya zaman perubahan desain maupun bahan dari komponen senjata berubah untuk

mencari popor yang lebih efektif dan efisien namun tetap memperhitungkan kekuatan dan fungsi utamanya. Meskipun termasuk golongan senjata lama namun bukan hanya di AAU penggunaan senjata M-16 ini digunakan, Satuan TNI/POLRI lainnya masih banyak menggunakan senjata ini untuk penampilan Kolone senapan atau untuk kegiatan latihan lainnya. Senjata M-16 yang biasa digunakan para Taruna AAU untuk berlatih seringkali mengalami kerusakan di bagian popornya yaitu berupa retak ataupun pecah, sehingga Lembaga perlu mengganti bagian popornya agar dapat digunakan kembali. Komposit merupakan material hasil kombinasi dari dua atau lebih komponen yang berbeda terdiri dari *matrix* dan *reinforcement*, bertujuan mendapatkan fisik dan mekanik yang lebih baik dari pada sifat masing-masing komponen penyusunnya. Komposit diharapkan dapat menjadi material alternatif pengganti plastik padat pada Popor senjata M16. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya massa jenis yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan plastik dan tahan korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah melaksanakan analisis untuk mengkaji kekuatan Popor Senjata M16 dengan berbagai jenis variasi material komposit. Dalam penelitian ini, akan diteliti serat sintesis berupa serat Fiberglass, Kevlar dan Karbon yang nantinya di gabungkan dengan resin epoxy agar memiliki keunggulan dari segi kekuatan dari pada bahan plastik. Analisis akan dilakukan untuk membandingkan kekuatan (*strength*) dan berat struktur Popor Senjata M16 dengan bahan komposit Fiberglass Epoxy, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy yang diharapkan hasil akhirnya dapat mengidentifikasi Komposit manakah yang memiliki sifat mekanik paling optimal sebagai material penyusun Popor Senjata M16. Analisis kekuatan Komposit serat sintesis dengan resin epoxy dalam penelitian ini dilakukan dengan uji impak popor senjata M-16

menggunakan aplikasi MSC Patran/Nastran.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Epoksi resin liquid polimer dengan variasi volume sebagai matriks dengan pencampuran fiber Kevlar dan lapisan fiberglass menjadi suatu material komposit baru yang dapat menambah kekuatan pipa dengan metode pelapisan (Rimbun Turnip, 2010). Dahulu ketika ditemukan penipisan ketebalan atau adanya titik-titik korosi pada pipa baja karbon yang berfungsi sebagai jalur pengiriman minyak atau gas akan dilakukan perbaikan dengan metode pemotongan dan penggantian dengan cara pengelasan. Metode konvensional ini dapat digantikan dengan penggunaan epoksi berpenguat serat kevlar (N<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>(OH)) atau Komposit Matriks Polimer (KMP) yang lebih mudah, singkat dan biaya murah. Selain untuk bahan material pipa, komposit lebih sering digunakan untuk bahan material senjata, contohnya G3 *Gun Butt Stock*. Saat ini G3 *Gun Butt Stock* dibuat dari bahan NOVODUR P2K1, dimana *butt stock* adalah item individu terberat dengan berat 0,264 kg dalam senjata. Sehingga perlunya material komposit sebagai pengganti NOVODUR P2K1 agar lebih ringan, atau sebagai pengganti plastic, logam dan material lainnya untuk mengurangi kekurangan material lainnya tersebut (Asfand Ali, 2016). Dalam rangka menguji kekuatan komposit secara teori, alat yang sering digunakan adalah software Patran dan Nastran. Sebagai contoh untuk menghitung kekuatan struktur, kekakuan elemen dan *defleksi* yang terjadi pada *flir support* digunakan software Patran dan Nastran. Hasil analisis kekuatan struktur dan deformasi yang terjadi pada *flir support* pesawat MALE di departemen Analisa struktur PT. Dirgantara Indonesia dengan software Patran dan Nastran dapat diperoleh nilai *Margin of Safety* untuk defleksi dan kekakuan elemen yang terjadi untuk

dibandingkan dengan batas aman ketenaguan yang ada (Purbo Waseso, 2019). Selanjutnya kekuatan material pada rangka dapat diketahui dengan melakukan proses simulation solidworks. Analisa berbasis software CAD solidworks merupakan aplikasi yang digunakan untuk menggambar sekaligus menganalisa kekuatan material.

**Popor M-16**, Senapan M16 (pada gambar 2.1) mulai digunakan Angkatan Darat Amerika Serikat dan telah dikerahkan untuk operasi perang hutan di Vietnam Selatan pada tahun 1963, menjadi senapan standar AS dari Perang Vietnam pada tahun 1969. Dalam penelitian ini bagian senjata yang akan di uji adalah bagian dari popor senjata seperti pada gambar 2.2 yang berfungsi sebagai penyangga antara bahu dengan senjata saat akan melakukan tembakan. Popor senjata juga berfungsi sebagai bagian pendobrak jika dibutuhkan.



Gambar 2.1 Rangkaian utuh senjata M-16



Gambar 2.2 Popor senjata M-16

**Komposit**, adalah material yang dibentuk dari campuran dua atau lebih material baku dengan tujuan untuk mendapatkan mechanical properties atau sifat mekanis yang lebih baik dan lebih bernilai. Komposit umumnya terbentuk dari dua komponen utama yaitu *Reinforcement* merupakan komponen bahan penguat pada sebuah material komposit dan Matriks adalah komponen yang sifatnya juga lunak, elastis, dan tahan lama, namun mampu mengikat jika mencapai titik bekunya.

- *Fiberglas*, adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun

menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal. Dia juga digunakan sebagai agen penguat untuk banyak produk plastik; material komposit yang dihasilkan dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas (*glass-reinforced plastic*, GRP) atau epoxy diperkuat *glass-fiber* (GRE), disebut "*fiberglass*" dalam penggunaan umumnya)

- Kevlar, adalah sebuah merek dagang terdaftar untuk serat fiber sintesis aramid, bahan ini masih berhubungan dengan Nomex dan Technora. Bahan ini banyak digunakan pada ban dan layar kapal sampai bahan untuk pembuatan rompi anti peluru, hal ini disebabkan oleh kekuatan dan elastisitas bahan serta bobot yang lebih ringan merupakan sifat dari bahan ini. Bahan ini disebut-sebut sebagai bahan yang lima kali lebih kuat dari baja dengan berat yang sama
- Karbon Viber, Serat Karbon ini merupakan salah satu bentuk komposit. Komposit ini dibuat dari dua atau lebih material yang memiliki perbedaan sifat fisik dan kimia. Tapi ketika keduanya dikombinasi, bisa saja komposit ini memiliki perbedaan karakteristik dibanding material penyusunnya. Serat karbon adalah helai karbon yang lebih tipis dari rambut manusia. Helai karbon yang 90% bahan dasarnya adalah polya crylonitrile (PAN) dan 10% minyak bumi ini, bisa dipilin seperti benang dan bisa dirajut seperti kain. Agar komposit karbon dapat mempertahankan bentuknya, anyaman serat karbon dapat diletakkan di sebuah cetakan dan diberi material penguat yakni resin seperti epoxy atau plastik. Sehingga ia bisa dibentuk seperti kap mesin, bumper, sepatbor, spoiler atau lainnya

Adapun resin yang digunakan dalam penelitian ini berjenis epoksi. Resin sendiri merupakan sebuah material yang terbuat

dari bahan alami dan juga senyawa kimia. Epoxy Resin adalah jenis prepolymer reaktif dan polymer yang mengandung epoxide. Banyak aplikasi industri yang memiliki epoxy resin untuk berbagai keperluan. Epoxy memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi, lebih tahan panas dan kimia. Epoxy resin juga disebut polye poxides. Pada penelitian ini saat merancang Popor senjata M-16 berbahan serat sintetis akan diperkuat dengan resin epoksi. Dalam gambar 3D Popor senjata terdapat dua nilai kekuatan yaitu dari serat sintetis di tambah dengan resin epoksi.

**MSC Patran/Nastran**, merupakan program analisis struktur multidisiplin yang digunakan oleh para engineer untuk melakukan analisis statis, dinamis dan thermal, baik di dalam domain linier dan non-linier. Program ini dilengkapi dengan fitur optimasi struktur otomatis dan modul analisis. MSC Nastran dapat digunakan untuk memastikan suatu desain sistem struktur apakah telah memiliki kekuatan, ketegaran, dan umur untuk mencapai gagal sebagaimana yang dibutuhkan, yang perlu dikompromikan dengan fungsi struktur dan faktor keselamatan. Solid work merupakan *software* yang di gunakan untuk membuat desain produk dari sederhana sampai yang ke kompleks seperti roda gigi, cashing dan lain-lain. Analysis yang bisa kita lakukan menggunakan SolidWorks antara lain *motion analysis, static analysis, thermal analysis, flow analysis* dan lain sebagainya

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini secara umum memiliki 3 tahapan, yaitu proses pengambilan data, pengumpulan data dan analisis data. Pengujian kuat impact spesimen akan di lakukan dalam bentuk 3D menggunakan aplikasi Solidworks dan MSC Patran/Nastran dengan variabel bebas dalam penelitian ini adalah Material Komposit Fiberglass Epoxy, Karbon Epoxy, Kevlar Epoxy dengan sudut serat masing -

masing  $0^\circ$  dan  $90^\circ$ . Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah *Stress, Failure, Indices, Displacement, Weight*. Selain itu, yang menjadi variabel tetap disini adalah ketebalan (*thickness*) dari material Popor Senjata M16. Adapun alat yang digunakan adalah *MSC Patran/Nastran* dan *Solidworks*. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain:

- Bahan dasar komposit serat *Kevlar, Karbon dan Fiberglass* seperti pada gambar 3.1

Gambar 3.1 komposit serat

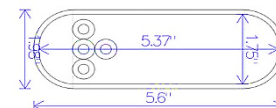


- Spesifikasi Popor senjata M-16 3D



Gambar 3.2 Spesifikasi Popor senjata M-16

- Spesifikasi Popor senjata M-16 3D bagian bawah

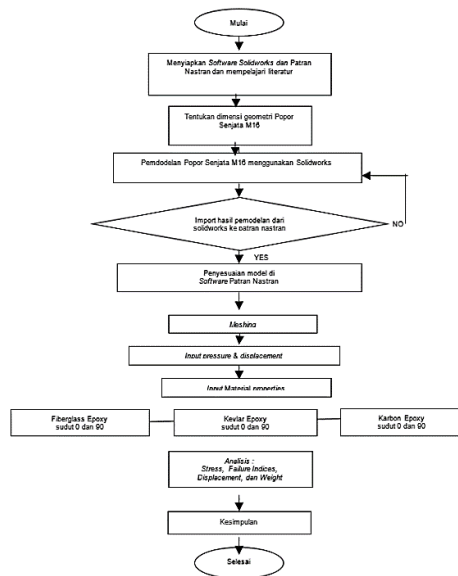


Gambar 3.3 Spesifikasi Popor senjata M-16 bagian bawah

**Tahapan Pengerjaan**, ini antara lain:

- Tahap awal membuka aplikasi *MSC Patran/Nastran* untuk mulai mem bentuk Popor senjata M-16 3D secara virtual.
- Mengimpor bentuk Produk ke *Solid works* untuk diuji kekuatan impact saat diberi beban pada sumbu bawah dan samping Popor senjata M-16
- Analisis kemampuan maksimal Popor senjata M-16 komposit bahan serat sintetis
- Analisis hasil percobaan perbandingan antara serat *Karbon, Fiberglass* dan *Kevlar*

- Kesimpulan dan saran dalam perancangan Popor senjata M-16 menggunakan *MSC Patran/Nastran*
- Selesai.



**Pembuatan Popor Senjata M-16,** digunakan dalam merancang Popor senjata M-16 adalah dengan menggunakan aplikasi *Solidworks*. Bentuk, kekuatan menggunakan variasi serat sintetis yaitu *Fiberglass*, *Kevlar* dan *Karbon*. Setelah perancangan selesai gambar 3D Popor senjata M-16 akan di impor ke aplikasi *MSC Patran/Nastran* yang kemudian akan diberi tegangan bentur berupa tekanan pada bagian bawah. Adapun langkah dalam perancangan Popor senjata M-16 3D adalah dengan pembuatan popor bagian bawah kemudian pembuatan Popor sisi samping.



### Analisis Data

**Uji Impak Popor Senjata M-16.** Dalam uji Impak spesimen menggunakan aplikasi *MSC Patran/Nastran* spesimen diberi tekanan atau benturan pada bagian bawah dan samping kiri atau kanan popor. Gambar 3.5 Penggambaran dari pem

berian tekanan atau benturan yang dilambangkan dengan tanda panah sebagai sudut serang.

### Data Perbandingan Kuat Impak.

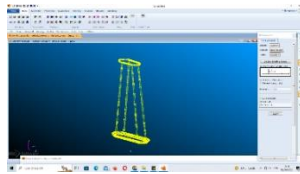
Dalam penelitian ini mencari perbedaan kuat Popor senjata M-16 bahan komposit. Setelah perancangan gambar Popor senjata M-16 3D pada spesimen dilakukan langkah selanjutnya adalah melakukan analisis perbandingan kuat spesimen masing-masing variasi serat dari Popor senjata M-16.

## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

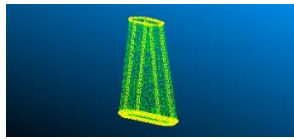
Pengujian ini menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* dengan bantuan software *MSC Patran/Nastran*. Pemodelan 3D Popor Senjata M-16 menggunakan software *Solidwork*. Pengujian dilaksanakan pada pemodelan 3D Popor Senjata M-16 dengan variasi material *Fiberglass*, *Karbon* dan *Kevlar*. Pengujian FEA pada *MSC Patran/Nastran* akan menggunakan beban uji tekan dengan pembebanan 50 Kg pada titik yang telah ditentukan. Adapun tahap-tahap yang dilaksanakan adalah:

- Dalam *MSC patran* harus mengaplikasikan konsistensi satuan (unit)
- Penyiapan bentuk permodelan Popor Senjata M-16 dengan melakukan *export file* dari *Software Solidworks*, jenis file luaran berupa format \*.igs. Popor Senjata M-16.igs di *import* kedalam *Software MSC Patran*.
- Untuk memastikan satuan yang digunakan dapat dilakukan pengecekan pada *file* yang akan digunakan.
- Langkah selanjutnya membagi model menjadi beberapa bagian/*cell*, tahapan ini dikenal dengan proses *Meshing*.



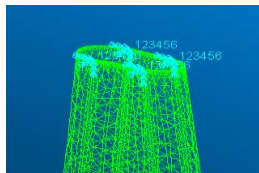


Gambar 4.1 Proses *input Mesh Seed*



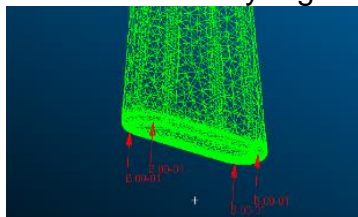
Gambar 4.2 Hasil dari *Meshing*

- Langkah selanjutnya menentukan tumpuan tetap (*fixed*) pada pemodelan Popor Senjata M-16, semua sumbu x, y, dan z bernilai nol (0) yang menandakan bagian yang dipilih akan menjadi tumpuhan yang tertahan (*fix*).



Gambar 4.3 Lokasi *Displacement* tampak atas *Popor Senjata M-16*.

- Selanjutnya menentukan pembebanan (*load*) pada pemodelan Popor Senjata Myang berupa gaya tekan, sumbu x akan bernilai 100 Kg dikonversikan menjadi 1000 N sedangkan untuk sumbu y dan sumbu z bernilai nol (0) yang menandakan pada sumbu tersebut tidak ada *load* yang bekerja.



Gambar 4.4 Lokasi *Load* tampak atas *Popor Senjata M-16*

- Membuat material baru pada *Software MSC Patran* dengan material *properties* berikut:
  - Permodelan *Popor Senjata M-16* menggunakan tipe unsur material *Linear Elastic*.
  - Menentukan konfigurasi pengaplikasian material pada pemodelan *Popor Senjata M16*.

- Langkah selanjutnya menentukan *Element Properties* pada pemodelan *Popor Senjata M-16*, dengan menggunakan material *properties Kevlar Epoxy*.
- Untuk selanjutnya, menentukan pengaplikasian material kedalam pemodelan, MSC Patran menggunakan metode *symmetric* pada *Laminated Composite*, sehingga input *layer material* yang dibutuhkan setengah dari totalnya. Maka untuk *Popor Senjata M-16* menggunakan 40 *layer*. Adapun tabel yang menjadi acuan pengaplikasiannya seperti berikut:

Tabel 4.1 Input *Layer Material*

Material	Unit
Thickness <i>Popor Senjata M-16</i>	50 mm
Thickness <i>Layer Material</i>	0.125 mm
Qty <i>Layer Material</i>	40

- Langkah selanjutnya menentukan material pada pemodelan *Popor Senjata M-16* serta orientasi sudut material, untuk sudut 0 derajat untuk posisi horizontal dan 90 derajat untuk posisi vertical.
- Selanjutnya masuk pada tahapan input analisis komputasi, ada beberapa yang diatur diantaranya; *Solution Type, Subcase, Subcase Select*
- Langkah terakhir running analisis *Popor Senjata M-16*, MSC Nastran akan mengkomputasi perintah dari MSC Patran, hal ini akan ditandai dengan keluarnya *dialog box command promp*. Selanjutnya pilih hasil MSC Nastran untuk di baca kembali oleh MSC Patran.

**Analisis Data.** Hasil pengujian yang didapatkan berupa nilai tekanan (*Stress*), nilai kegagalan (*failure indicase*), dan perpindahan (*Displacement*) dari rekasi uji tekan pada pemodelan *Popor Senjata M-16* selain itu diketahui estimasi berat dari pemodelan *Popor Senjata M-16*. Selanjutnya dilakukan analisis dari data-data tersebut sebagai berikut:

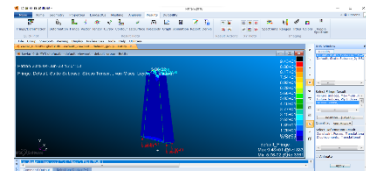
- Pemodelan Popor Senjata M-16 diberikan pembebanan sebesar 100 Kg atau dikonversikan menjadi 1000 N pada titik yang telah ditentukan dengan variasi material *Fiberglass Epoxy*, *Karbon Epoxy*, dan *Kevlar Epoxy*. Dari analisis yang dilakukan pada *MSC Patran/Nastran* maka didapatkan data-data yang berupa nilai tekanan (*stress*) dari rekasi uji tekan:

Tabel 4.2 Hasil Uji Tekan menghasilkan *stress* pada spesimen

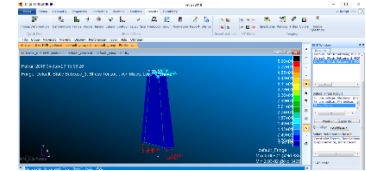
Analysis Uji Tekan Popor Senjata M-16			
No.	Material	Orientasi Serat (°)	Stress (MPa)
1	<i>Fiberglass Epoxy</i>	0	94,3
		90	56,9
2	<i>Karbon Epoxy</i>	0	112
		90	88,3
3	<i>Kevlar Epoxy</i>	0	106
		90	56,0

Dari data yang disajikan oleh tabel di atas dapat dilihat pada pemodelan Popor Senjata M-16 pada pengujian tekan dengan material *Fiberglass Epoxy* memiliki nilai tekanan terbesar sebesar 94,3 Mpa untuk orientasi serat 0° dan 56,9 Mpa untuk orientasi serat 90°, untuk material *Karbon Epoxy* nilai tekanan terbesar sebesar 112 Mpa untuk orientasi serat 0° dan 88,3 Mpa untuk orientasi serat 90°, dan untuk material *Kevlar Epoxy* memiliki nilai tekanan terbesar sebesar 106 Mpa untuk orientasi serat 0° dan 56 Mpa untuk orientasi serat 90°. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa nilai tekanan (*stress*) dari rekasi uji tekan pemodelan Popor Senjata M-16 penggunaan material *Fiberglass Epoxy* pada orientasi serat 0° memiliki kekuatan tekanan yang lebih kecil dibandingkan material *Karbon Epoxy* dan *Kevlar Epoxy*. Sedangkan untuk orientasi serat 90° material *Kevlar Epoxy* memiliki kekuatan tekanan yang lebih kecil dibandingkan material *Fiberglass Epoxy* dan *Karbon Epoxy*.

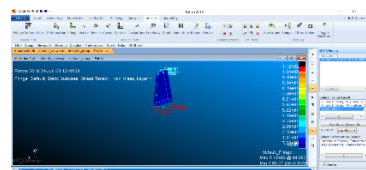
Berikut hasil distribusi tekanan (*stress*) yang dihasilkan dari pengujian tekan pada Popor Senjata M-16:



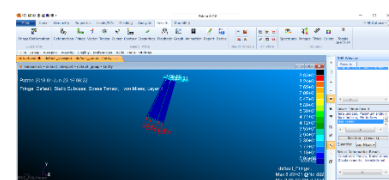
Gambar 4.5 Distribusi *Stress Fiberglass Epoxy* Orientasi serat 0°



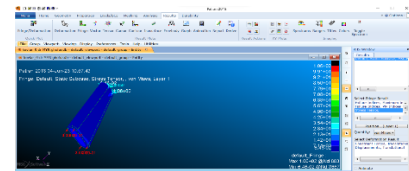
Gambar 4.6 Distribusi *Stress Fiberglass Epoxy* Orientasi serat 90°



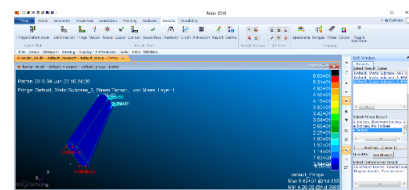
Gambar 4.7 Distribusi *Stress Karbon Epoxy* Orientasi serat 0°



Gambar 4.8 Distribusi *Stress Karbon Epoxy* Orientasi serat 90°



Gambar 4.9 Distribusi *Stress Kevlar Epoxy* Orientasi serat 0°



Gambar 4.10 Distribusi *Stress Kevlar Epoxy* Orientasi serat 90°

- Pemodelan Popor Senjata M-16 diberikan pembebanan sebesar 100 Kg atau dikonversikan menjadi 1000 N pada titik yang telah ditentukan dengan variasi material *Fiberglass Epoxy*, *Karbon Epoxy*, dan *Kevlar Epoxy*. Dari analisis yang dilakukan pada *MSC Patran/Nastran* maka didapatkan data-data yang berupa

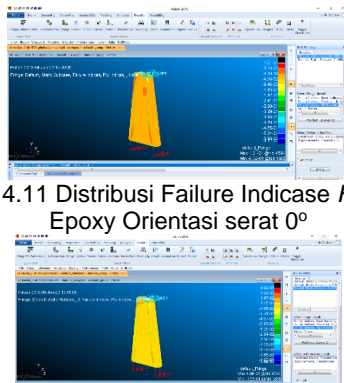
nilai kegagalan (*failure indicase*) dari rekasi uji tekan:

Tabel 4.3 Hasil uji tekan menghasilkan nilai *Failure Indices*

Analysis Uji Tekan Popor Senjata M-16			
No.	Material	Orientasi Serat (°)	Failure Indicase
1	Fiberglass Epoxy	0	0.10
		90	0.06
2	Karbon Epoxy	0	0.20
		90	0.11
3	Kevlar Epoxy	0	0.14
		90	0.05

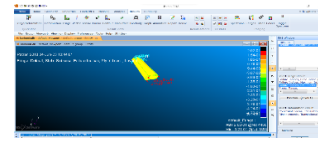
Dari data yang disajikan oleh tabel di atas dapat dilihat pada pemodelan Popor Senjata M-16 pada pengujian tekan dengan material *Fiberglass Epoxy* memiliki nilai kegagalan terbesar sebesar 0,10 untuk orientasi serat 0° dan 0,06 untuk orientasi serat 90°, untuk material *Karbon Epoxy* nilai kegagalan terbesar sebesar 0,20 untuk orientasi serat 0° dan 0,11 untuk orientasi serat 90°, dan untuk material *Kevlar Epoxy* memiliki nilai kegagalan terbesar 0,14 untuk orientasi serat 0° dan 0,05 untuk orientasi serat 90°. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa nilai kegagalan (*failure indicase*) dari rekasi uji tekan pemodelan Popor Senjata M-16 penggunaan material *Fiberglass Epoxy* pada orientasi serat 0° memiliki nilai kegagalan yang lebih kecil dibandingkan material *Karbon Epoxy* dan *Kevlar Epoxy*. Sedangkan untuk orientasi serat 90° material *Kevlar Epoxy* memiliki kekuatan nilai kegagalan yang lebih kecil dibandingkan material *Fiberglass Epoxy* dan *Karbon Epoxy*.

Berikut hasil distribusi nilai kegagalan (*failure indicase*) yang dihasilkan dari pengujian tekan pada Popor Senjata M-16:

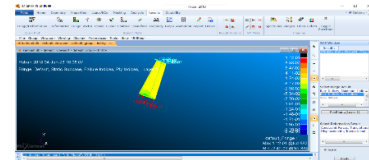


Gambar 4.11 Distribusi Failure Indicase *Fiberglass Epoxy* Orientasi serat 0°

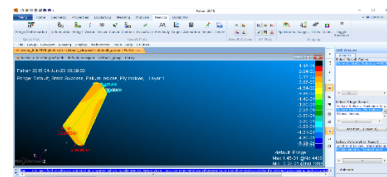
Gambar 4.12 Distribusi *Failure Indicase Fiberglass Epoxy* Orientasi serat 90°



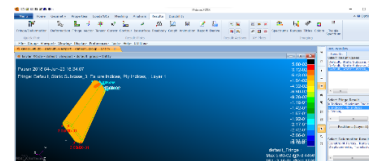
Gambar 4.13 Distribusi *Failure Indicase* *Karbon Epoxy* Orientasi serat 0°



Gambar 4.14 Distribusi Failure Indicase *Karbon Epoxy* Orientasi serat 90°



Gambar 4.15 Distribusi Failure Indicase *Kevlar Epoxy* Orientasi serat 0°



Gambar 4.16 Distribusi Failure Indicase *Kevlar Epoxy* Orientasi serat 90°

- Pemodelan Popor Senjata M-16 diberikan pembebanan sebesar 100 Kg atau dikonversikan menjadi 1000 N pada titik yang telah ditentukan dengan variasi material *Fiberglass Epoxy*, *Karbon Epoxy*, dan *Kevlar Epoxy*. Dari analisis yang dilakukan pada MSC Patran/Nastran maka didapatkan data-data yang berupa nilai perpindahan (*Displacement*) dari rekasi uji tekan:

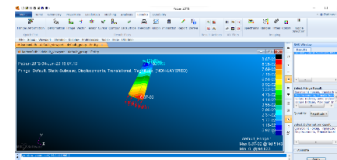
Tabel 4.4 Hasil Uji tekan menghasilkan nilai *Displacement*

Analysis Uji Tekan Popor Senjata M-16			
No.	Material	Orientasi Serat (°)	Displacement (mm)
1	Fiberglass Epoxy	0	0.241
		90	0.198
2	Karbon Epoxy	0	0.225
		90	0.088
3	Kevlar Epoxy	0	0.403
		90	0.098

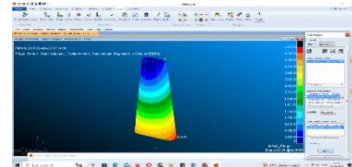
Dari data yang disajikan oleh tabel di atas dapat dilihat pada pemodelan Popor



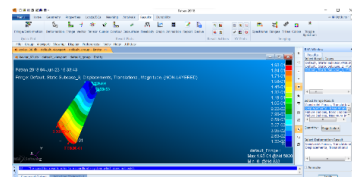
Senjata M-16 pada pengujian tekan dengan material *Fiberglass Epoxy* memiliki nilai perpindahan terbesar sebesar 0,241 mm untuk orientasi serat 0° dan 0,198 mm untuk orientasi serat 90°, untuk material Karbon Epoxy nilai perpindahan terbesar sebesar 0,225 mm untuk orientasi serat 0° dan 0,088 mm untuk orientasi serat 90°, dan untuk material Kevlar Epoxy memiliki nilai perpindahan sebesar 0,403 mm untuk orientasi serat 0° dan 0,098 mm untuk orientasi serat 90°. Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa nilai perpindahan (*Displacement*) dari rekasi uji tekan pemodelan Popor Senjata M-16 penggunaan material Karbon Epoxy pada orientasi serat 0° memiliki nilai perpindahan yang lebih kecil dibandingkan material *Fiberglass Epoxy* dan Kevlar Epoxy. Sedangkan untuk orientasi serat 90° material Karbon Epoxy memiliki kekuatan nilai perpindahan yang lebih kecil dibandingkan material *Fiberglass Epoxy* dan Kevlar Epoxy. Berikut hasil distribusi nilai perpindahan (*Displacement*) yang dihasilkan dari pengujian tekan pada Popor Senjata M-16:



Gambar 4.20 Distribusi *Displacement* Karbon Epoxy Orientasi serat 90°



Gambar 4.21 Distribusi *Displacement* Kevlar Epoxy Orientasi serat 0°

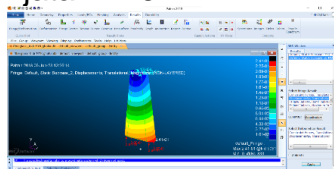


Gambar 4.22 Distribusi *Displacement* Kevlar Epoxy Orientasi serat 90°

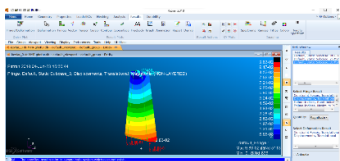
- Pemodelan Popor Senjata M-16 menggunakan serat material *Fiberglass Epoxy*, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy. Dari analisis yang dilakukan pada MSC Patran/Nastran maka didapatkan data-data yang berupa berat dari pemodelan Popor Senjata M-16:

Tabel 4.5 Data berat Popor tiap spesimen

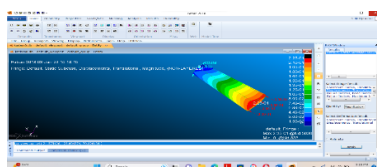
Analysis Uji Tekan Popor Senjata M-16			
No.	Material	Orientasi Serat (°)	Weight (mg)
1	Fiberglass Epoxy	0	1.574.000
		90	
2	Karbon Epoxy	0	1.259.000
		90	
3	Kevlar Epoxy	0	1.180.000
		90	



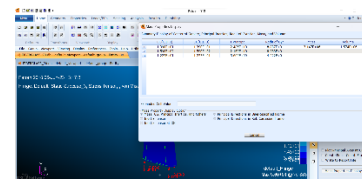
Gambar 4.17 Distribusi *Displacement* Fiberglass Epoxy Orientasi serat 0°



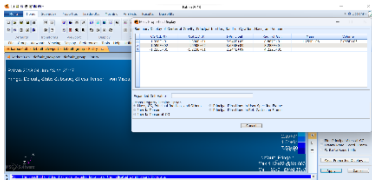
Gambar 4.18 Distribusi *Displacement* Fiberglass Epoxy Orientasi serat 90°



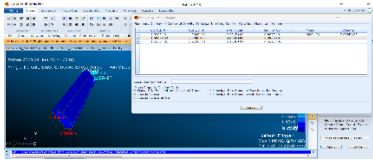
Gambar 4.19 Distribusi *Displacement* Karbon Epoxy Orientasi serat 0°



Gambar 4.23 Merupakan *Weight* Popor Senjata M-16 dengan material *Fiberglass*



Gambar 4.24 Merupakan *Weight* Popor Senjata M-16 dengan material Karbon

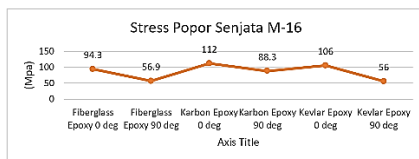


Gambar 4.25 Merupakan *Weight* Popor Senjata M-16 dengan material Kevlar

### 5. PEMBAHASAN

Dari hasil uraian data, dilaksanakan pembahasan sebagai berikut:

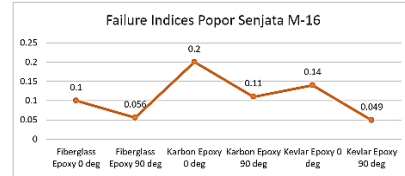
- Grafik perbandingan nilai stress Popor Senjata M-16 dengan material *Fiber glass* Epoxy, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy dengan sudut serat 0° dan sudut serat 90°



Gambar 4.26 *Stress* Popor Senjata M-16

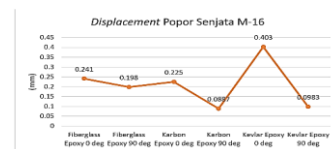
- Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai tekanan (*stress*) memiliki pola yang teratur menurun dari orientasi serat yang diaplikasikan, pada grafik dapat disimpulkan bahwa material *Fiber glass Epoxy* dengan orientasi serat 0° memiliki nilai tekanan (*stress*) yang relatif lebih rendah sebesar 94.3 MPa dibandingkan dengan material Karbon Epoxy dan Kevlar Epoxy. Sedangkan material Kevlar Epoxy dengan orientasi serat 90° memiliki nilai tekanan (*stress*) yang relatif lebih rendah sebesar 56 MPa dibandingkan dengan material *Fiberglass Epoxy* dan Karbon Epoxy.
- Grafik perbandingan nilai *Failure Indices* Popor Senjata M-16 dengan material *Fiberglass Epoxy*, Karbon

*Epoxy*, dan Kevlar *Epoxy* dengan sudut serat 0° dan sudut serat 90°



Gambar 4.27 *Failure Indices* Popor Senjata M-16

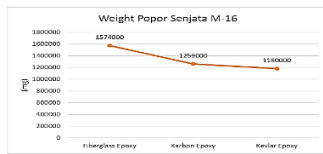
Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kegagalan (*Failure Indices*) memiliki pola yang teratur menurun dari orientasi serat yang diaplikasikan, pada grafik dapat disimpulkan bahwa material *Fiberglass Epoxy* dengan orientasi serat 0° memiliki nilai kegagalan (*Failure Indices*) yang relatif lebih rendah sebesar 0.32 dibandingkan dengan material Karbon Epoxy dan Kevlar Epoxy. Sedangkan dengan orientasi serat 90° material Kevlar Epoxy memiliki nilai kegagalan (*Failure Indices*) yang relatif lebih rendah sebesar 0.049 dibandingkan dengan material *Fiberglass Epoxy* dan Karbon Epoxy. Grafik perbandingan nilai *Displacement* Popor Senjata M-16 dengan material *Fiberglass Epoxy*, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy dengan sudut serat 0° dan sudut serat 90°



Gambar 4.28 *Displacement* Popor Senjata M-16

- Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai perpindahan (*Displacement*) memiliki pola yang teratur menurun dari orientasi serat yang diaplikasikan, pada grafik dapat disimpulkan bahwa material Karbon Epoxy dengan orientasi serat 0° serta orientasi serat 90° memiliki nilai perpindahan (*Displacement*) yang relatif lebih rendah sebesar 0.225 mm dan 0.0887 mm dibandingkan dengan material *Fiberglass Epoxy* dan Kevlar Epoxy. Grafik

perbandingan berat (*weight*) Popor Senjata M-16 dengan material Fiberglass Epoxy, Karbon Epoxy, dan Kevlar Epoxy.



Gambar 4.29 *Weight* Popor Senjata M-16

Grafik di atas menunjukkan bahwa berat material Kevlar Epoxy memiliki nilai yang relatif lebih rendah sebesar 1.180.000 mg atau 1180 gr dibandingkan dengan material Fiberglass Epoxy dan Kevlar Epoxy.

## 6. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 6.1. Kesimpulan

- Analisis uji Tekan menggunakan MSC Patran/Nastran pada Popor Senjata M-16 bermaterial fiberglass, karbon, dan Kevlar orientasi serat 0° didapatkan bahwa tingkatan berdasarkan nilai perpindahan (*displacement*) uji Tekan dari yang rendah ke yang tinggi yaitu material yang pertama adalah karbon, yang kedua adalah fiberglass dan yang terakhir adalah kevlar. Sedangkan pada orientasi serat 90° serat Kevlar memiliki *displacement* lebih rendah dibandingkan fiberglass. Berdasarkan nilai *Failure Indices* uji Tekan dari yang rendah ke yang tinggi yaitu material yang pertama adalah fiberglass, yang kedua adalah kevlar dan yang terakhir adalah karbon. Sedangkan pada orientasi serat 90° serat kevlar memiliki nilai *failure indices* lebih rendah dibandingkan fiberglass dan karbon. Berdasarkan nilai *stress* uji Tekan dari yang rendah ke yang tinggi yaitu material yang pertama adalah fiberglass yang kedua adalah kevlar dan yang terakhir adalah karbon. Sedangkan pada orientasi serat 90° serat kevlar memiliki nilai *stress* lebih rendah dibandingkan fiberglass dan karbon.

- Berdasarkan hasil pembuatan Popor Senjata M16 bahan komposit dan resin menggunakan aplikasi didapatkan data dari berat struktur yaitu material Fiberglass epoxy memiliki berat 1.574.000 mg, Karbon epoxy 1.259.000 mg dan Kevlar epoxy 1.180.000 mg. kesimpulannya material dengan berat paling rendah yaitu Kevlar epoxy dan tertinggi yaitu Fiberglass epoxy.
- Dari data yang didapat dari pengujian dapat disimpulkan bahwa material karbon dengan orientasi 0° dan Kevlar orientasi 0° dapat dipertimbangkan untuk menggantikan material plastik yang saat ini digunakan pada Popor Senjata M-16.

### 6.2. Saran

- guna mendukung penelitian selanjutnya adalah membuat variasi bentuk pemodelan 3D dari Popor Senjata M-16 untuk membandingkan kekuatan berdasarkan pemodelannya serta menambahkan pembebanan dengan sistem interval sehingga didapatkan karakteristik hasil uji yang lebih spesifik.

## 7. REFERRENSI

- [1]Abidin Z., (2013) Tutorial Solidworks Bikin Surface, Penerbit Slide Share, Surakarta.
- [2]Asfand Ali. (2016). Designing and Manufacturing of G3 Gun Butt Stock from
- [3]AdvancecompositeMaterial.[https://www.academia.edu/27811293/Designing\\_and\\_Manufacturing\\_of\\_G3\\_Gun\\_Butt\\_tock\\_from\\_Advance\\_Composite\\_Material](https://www.academia.edu/27811293/Designing_and_Manufacturing_of_G3_Gun_Butt_tock_from_Advance_Composite_Material)

- [4] Daniarsyah A. (2021) Apa Itu Komposit. Penerbit PT. Wira Griya, Jakarta.
- [5] Mardiansyah. (2020). Perancangan Dan Pembuatan Rangka Sepeds Motor Listrik Menggunakan Software CAD Solidworks 2020. Skripsi. Universitas Balikpapan.
- [6] Rimbun Turnip. (2010). Penggunaan Komposit Epoksi Berpenguat Serat Kevlar Sebagai Bahan Alternatif Mengatasi Kebocoran Pipa. Skripsi. Universitas Indonesia
- [7] Suarsana, I Kt. (2017). Diktat Pengetahuan Material Teknik. Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
- [8] Triandi, G., (2019), Pengaruh Pembebanan Pada Papan Luncur Dengan Variasi Beban Menggunakan Perangkat Lunak SolidWork 2014. Skripsi, UMSU, Medan.
- [9] Waseso, Purbo., (2019) Analisis Kekuatan Struktur Dan Deformasi Flir Support Pada Pesawat Medium Altitude Long Endurance (male) Menggunakan Program MSC Patran/Nastran. Skripsi, UPN, Jakarta.
- [10] Yeremias M., (2011) Wettability dan IFSS pada serat Widuri (Calotropis Gigantea) sebagai Penguat Komposit. Skripsi, Universitas Nusa Cendana, Kupang.