



Analisis Kekuatan Uji Mekanik Komposit Serat Kevlar dan Fiberglass pada Pembuatan Radome Pesawat Hercules C-130 dengan Metode *Hand Lay Up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion*

Analysis Of The Mechanical Testing Strength Of Kevlar And Fiberglass Fiber Composites In The Manufacturing Of The Hercules C-130 Aircraft Radome Using The Hand Lay-Up And Vacuum-Assisted Resin Infusion Methods

Muhamad Rifqi Syaputra^{1*}, R. Agus Subijanto²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara
E-mail: rifqisyaputra.rs95@gmail.com

Abstract— *The Hercules C-130 aircraft is a heavy transport plane capable of carrying personnel and cargo to support air operations. Its construction, particularly in the radome section, is largely made of fiberglass, which makes this part of the aircraft lightweight, strong, and weather-resistant. However, the composite structure of this aircraft often suffers damage to the radome. Therefore, this research will investigate alternative materials to replace the radome of the Hercules aircraft. This research was conducted by performing bending and tensile tests on composite specimens made from synthetic fibers—Fiberglass and Kevlar—bonded with fiber resin. The aim of this study is to analyze the specimens under compressive and tensile forces and to determine the comparison between the bending strength and tensile strength of the Fiberglass and Kevlar fiber specimens using the Hand Lay-up and VARI methods. The research results show that the tensile test specimen made from fiberglass composite using the VARI method had the highest tensile strength value of 263.58 MPa, which is higher than that of the Kevlar fiber using the hand lay-up method at 176.98 MPa, the fiberglass fiber using the hand lay-up method at 232.41 MPa, and the Kevlar fiber using the VARI method at 259.12 MPa. Therefore, the fiberglass composite using the VARI method has the highest tensile strength compared to the other three specimens. Meanwhile, the highest flexural strength was found in the Kevlar fiber specimen made using the hand lay-up method, with a value of 411.5 MPa, which is higher than the fiberglass fiber using the VARI method at 264.16 MPa, the fiberglass fiber using the hand lay-up method at 238.345 MPa, and the Kevlar fiber using the VARI method at 202.13 MPa. This specimen had the highest flexural strength value.*

Keywords— *Fiberglass, Kevlar Fiber, Tensile Test, Bending Test, Hand Lay-up, Vari.*

Abstrak— *Pesawat Hercules C-130 merupakan pesawat angkut berat dengan kemampuan mengangkut personel dan barang yang dapat mendukung operasi udara. Konstruksi pesawat ini seperti pada bagian radome sebagian besar terbuat dari fiberglass yang membuat bagian pesawat ini menjadi ringan, kuat, dan tahan cuaca. Untuk struktur komposit pesawat ini sering mengalami kerusakan terhadap radome. Oleh karena itu penelitian ini akan meneliti bahan pengganti radome pesawat*

*Muhamad Rifqi Syaputra
E-mail: rifqisyaputra.rs95@gmail.com

Hercules tersebut. Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan pengujian bending dan uji tarik terhadap spesimen komposit berbahan dasar serat sintetis Fiberglass dan serat kevlar dengan pengikat resin Fiber. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis spesimen tersebut terhadap tekanan dan tarikan dan dapat mengetahui perbandingan kekuatan bending dan kekuatan tarik dari spesimen berserat Fiberglass dan serat kevlar dengan metode Hand Lay-up dan VARI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen uji tarik pada bahan komposit serat Fiberglass metode VARI mempunyai nilai tegangan tarik senilai 263,58 MPa lebih tinggi dari nilai tegangan serat kevlar metode hand lay-up sebesar 176,98 MPa, serat fiberglass metode hand lay-up yang memiliki nilai tegangan sebesar 232,41 MPa dan serat kevlar metode VARI memiliki tegangan sebesar 259,12 MPa sehingga nilai kekuatan tegangan tarik komposit serat Fiberglass metode VARI yang paling tinggi di bandingkan dengan ketiga spesimen lainnya. Sementara itu, untuk nilai kelenturan yang paling besar adalah serat kevlar dengan metode Hand Lay-up sebesar 411,5 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan serat fiberglass metode VARI sebesar 264,16 MPa, serat fiberglass metode Hand Lay-up dengan nilai 238,345 MPa. dan serat kevlar metode VARI dengan nilai 202,13 MPa. Spesimen ini memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan ketiga spesimen lainnya.

Kata Kunci— *Serat Fiberglass, Serat Kevlar, Uji Tarik, Uji Bending, Hand Lay-up , Vari.*

I. PENDAHULUAN

Pesawat Hercules, khususnya model **Lockheed C-130 Hercules**, telah lama dikenal sebagai pesawat angkut militer yang kuat dan serbaguna. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan untuk meningkatkan kinerja dan ketahanan pesawat, berbagai inovasi material diterapkan pada pesawat ini, termasuk dalam pembuatan bagian-bagian seperti **radome**. Radome adalah sebuah struktur pelindung yang digunakan untuk melindungi perangkat radar dan sistem komunikasi pesawat dari cuaca ekstrem, kerusakan fisik, dan interferensi elektromagnetik. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan radome adalah bahan komposit, yang merupakan campuran dari dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda.

Bahan komposit pada zaman modern saat ini banyak digunakan di kehidupan sehari-hari manusia, karena komposit dapat dibuat dan disesuaikan berdasarkan kebutuhan yang sedang dicari. Komposit adalah material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat yang lebih baik dari material penyusunnya. Dalam industri manufaktur dibutuhkan suatu material yang memiliki sifat-sifat khusus dan istimewa yang sulit didapat dari logam. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Komposit menjadi salah satu alternatif pengganti logam yang sering digunakan sebagai bahan dasar berbagai macam barang. Hal ini dapat sangat berguna bagi kemajuan industri penerbangan. Dalam penelitian ini, komposit yang akan dijadikan sebagai bahan dasar pengujian adalah *Fiberglass* dan *Kevlar* dengan menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* dan *Hand Lay-up*. Hasil penelitian yang berjudul “Analisis Kekuatan Uji Mekanik Komposit Serat Kevlar Dan Fiberglass Pada Pembuatan Radome Pesawat Hercules C-130 Dengan Metode *Hand Lay-Up* Dan *Vacuum Assisted Resin Infusion*” diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi untuk alternatif bahan material dasar radome pesawat C-130 Hercules.

II. LANDASAN TEORI

A. Komposit.

Pengertian komposit menurut Gibson (1994) adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan

material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis menjadi suatu bahan yang berguna

B. Pesawat Hercules C-130

Pesawat Hercules C-130 adalah pesawat transportasi militer yang digunakan oleh banyak angkatan udara di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Pesawat ini dirancang untuk mengangkut berbagai macam kargo dan personel dalam misi militer atau kemanusiaan, serta memiliki kemampuan untuk mendarat di landasan yang tidak dipersiapkan dengan baik, seperti lapangan terbang atau medan darat yang tidak rata. Pesawat Hercules C-130 memiliki struktur yang dirancang untuk mendukung kemampuan angkut dan daya tahan tinggi di berbagai kondisi medan. Struktur pesawat ini melibatkan penggunaan bahan-bahan yang kuat dan komposit untuk mengoptimalkan performa dan daya tahan. Komposit karbon dan fiberglass digunakan dalam beberapa komponen pesawat untuk mengurangi berat dan meningkatkan kekuatan, seperti di bagian winglets, beberapa bagian ekor, dan beberapa panel pelindung. Komposit ini memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan bahan logam biasa, yang sangat berguna mengingat pesawat ini sering digunakan dalam lingkungan yang keras.

C. Uji Tarik

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pada uji tarik (*Tensile Test*) kedua ujung benda uji dijepit, salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Uji tarik digunakan untuk mengatur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik. Uji tarik ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu material di antara sifat-sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut :

- 1) Kekuatan tarik
- 2) Kuat luluh dari material
- 3) Keuletan dari material
- 4) *Modulus elastic* dari material
- 5) Kelentingan dari suatu material
- 6) Ketangguhan

Tujuan dari pengujian tarik adalah mengetahui kekuatan tarik maksimum/ tegangan maksimum bahan (*Ultimate Tensile Strength/UTS*). Setelah dilakukan pengolahan data hasil pengujian tarik dapat diketahui pula Tegangan luluh (*Yield Strength*), Tegangan Putus (*Fracture Strength*), Regangan (*Strain*). Secara kasar dapat pula diketahui apakah logam tersebut termasuk liat, keras, atau lunak, setelah kita menganalisa grafik pengujian tarik yang terekam dan bekas patahan benda uji tersebut. Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban versus perpanjangan (*elongation*).

D. Uji Bending

Uji lentur adalah salah satu metode pengujian material untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menahan beban lentur atau pembengkokan. Uji ini sering digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik bahan seperti logam, plastik, kayu, atau komposit, khususnya

Analisis Kekuatan Uji Mekanik Komposit Serat Kevlar Dan Fiberglass Pada Pembuatan Radome Pesawat Hercules C-130 Dengan Metode Hand Lay Up Dan Vacuum Assisted Resin Infusion (Muhamad Rifqi Syaputra)

modulus elastisitas lentur dan kekuatan lenturnya. Dalam uji bending tiga titik, spesimen diletakkan di atas dua tumpuan dan diberi beban di tengahnya hingga terjadi deformasi atau patah. Uji bending ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu material diantara sifat-sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut :

- 1) Modulus elastisitas lentur
- 2) Kekuatan lentur
- 3) Regangan lentur
- 4) Ketangguhan dari material
- 5) Keuletan dari material

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Dalam penelitian ini dimulai dengan menyiapkan spesimen yang akan digunakan dalam pengujian sebelum melaksanakan proses uji Mekanik. Rancangan pembuatan komposit ini menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* dan *Hand Lay-Up* dengan jenis serat kevlar dan *fiberglass*. Jenis resin yang digunakan adalah resin fiber dengan ketebalan komposit masing masing specimen adalah 3 cm. Secara rinci variasi spesimen dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

No	Kode Spesimen	Jenis Serat	Metode
1	KR3	Serat Kevlar 30%, Resin 70%,	VARI
2	FR3	<i>Fiberglass</i> 30%, Resin 70%,	VARI
3	KR3	Serat Kevlar 30%, Resin 70%,	HAND LAY-UP
4	FR3	<i>Fiberglass</i> 30%, Resin 70%,	HAND LAY-UP

Table spesimen komposit

Langkah-langkah pembuatan komposit serat Kevlar dan fiber glass dengan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* sebagai berikut :

- a. Menyiapkan bahan berupa serat kevlar dan fiber glass , *gum tape*, *peel ply*, *infusion mesh*, *infusion spiral*, *resin feed silicon connector*, *infusion line clamp*, *bagging film*, kemudian dalam proses ini dikerjakan secara teratur dan hati-hati agar nanti hasil cetakan pada alat *Vacuum* dapat tercetak dengan baik.
- b. Mengoleskan wax pada permukaan cetakan.
- c. Menempelkan *sealant tape* di sekeliling cetakan.
- d. Meletakkan serat kevlar dan fiber glass pada bidang cetakan.
- e. Meletakkan *peel ply* seukuran cetakan.
- f. Meletakkan *infusion mesh* seukuran cetakan.
- g. Merapikan pinggiran dari tumpukan *peel ply* dan *infusion mesh* dengan isolasi.
- h. Meletakkan *infusion spiral* pada dua sisi berhadapan.
- i. Memasang resin *feed silicon* pada dua sisi berhadapan.
- j. Gunakan *bagging film* untuk menutupi seluruh tumpukan bahan.
- k. Rekatkan *bagging film* dengan gum tape sampai benar – benar tidak ada celah udara.

- l. Pasang resin *feed line* pada resin *feed silicon* dengan direkatkan menggunakan gum tape, lalu hubungkan dengan alat vakum.
- m. Pasang *infusion line clamp* pada resin *feed line* yang tidak tersambung dengan alat *Vacuum*.
- n. Kosongkan udara pada ruang didalam *bagging film* dengan cara menutup *infusion line clamp* pada salah satu sisi, lalu nyalakan alat *vacuum* agar udara di dalam *bagging film* terhisap.
- o. Sambil menunggu udara terhisap alat *vacuum* selama 10 menit, campur resin epoksi dan *Hardener* dengan perbandingan 100 ml resin : 100 ml hardener.
- p. Alirkan campuran resin epoksi dan hardener dengan cara membuka *infusion line clamp* dan tetap menyalakan alat *vacuum*.
- q. Setelah seluruh permukaan tertutupi campuran resin epoksi dan *Hardener*, tutup *infusion line clamp* pada kedua sisi.
- r. Diamkan spesimen sampai mengeras dengan sempurna.
- s. Setelah itu lepas semua peralatan *vacuum*, lalu keluarkan komposit dari cetakan.
- t. Lepaskan lapisan *peel ply* dan *infusion mesh* dari komposit.
- x. Selanjutnya komposit siap dipotong-potong menjadi spesimen benda uji mekanik
- y. Benda Uji Komposit yang telah dipotong dan dibuat spesimen kemudian diuji dengan mesin uji tarik , uji impak dan uji bending.

Langkah-langkah pembuatan komposit serat Kevlar dan fiber glass dengan metode *Hand Lay-Up* sebagai berikut :

- a. Oleskan release agent ke permukaan cetakan agar komposit mudah dilepas setelah proses curing selesai. Pastikan untuk meratakan lapisan release agent dengan baik.
- b. Potong serat Kevlar dan fiberglass sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan untuk komposit.
- c. Lembaran serat ini bisa diletakkan dalam beberapa lapisan, tergantung pada kekuatan yang diinginkan dari produk akhir.
- d. Oleskan lapisan pertama resin pada permukaan cetakan menggunakan kuas atau roller. Pastikan lapisan resin ini merata.
- e. Setelah resin diterapkan, letakkan lapisan pertama fiberglass atau serat Kevlar di atasnya. Gunakan tangan atau alat bantu untuk menekan serat agar menempel dengan baik pada resin.
- f. Ulangi proses ini dengan menambahkan lapisan serat dan resin secara bergantian (lapisan serat disusul dengan resin) sampai ketebalan yang diinginkan tercapai. Biasanya beberapa lapisan serat akan ditambahkan untuk memperkuat komposit.
- g. Setelah beberapa lapisan serat dan resin ditempatkan, gunakan roller atau alat penghalus lainnya untuk menghilangkan gelembung udara di dalam lapisan dan memastikan resin merata.
- h. Proses ini disebut wet-out yang memastikan resin meresap dengan baik ke dalam serat, mengikat serat dengan kuat.

i. Setelah semua lapisan selesai, biarkan komposit mengering atau mengeras pada suhu ruangan, atau jika diperlukan, masukkan ke dalam oven untuk proses curing yang lebih cepat.

j. Proses curing bisa memakan waktu beberapa jam hingga beberapa hari, tergantung jenis resin yang digunakan. Pastikan untuk mengikuti petunjuk dari produsen resin mengenai waktu dan suhu curing.

k. Setelah komposit mengeras, lepaskan komposit dari cetakan dengan hati-hati. Jika cetakan digunakan dengan benar dan release agent sudah diaplikasikan, komposit akan mudah dilepas.

l. Potong atau bentuk komposit sesuai kebutuhan, dan lakukan pengecekan terhadap kualitas dan kekuatan sambungan antar lapisan.

m. Lakukan pengamplasan dan finishing pada tepi-tepi komposit jika diperlukan untuk memberikan hasil akhir yang lebih halus dan rapi.

Setelah pembuatan 4 spesimen yang meliputi

- 1) Benda Uji komposit serat kevlar 6 layer metode *Vacuum Assisted Resin Infusion. (VARI)*
- 2) Benda Uji komposit *fiberglass* 6 layer metode *Vacuum Assisted Resin Infusion. (VARI)*
- 3) Benda Uji komposit serat kevlar 6 layer metode *Hand Lay-Up*.
- 4) Benda Uji komposit *fiberglass* 6 layer metode *Hand Lay-Up*.

Kemudian kedelapan benda uji yang telah dibuat dipotong sesuai dengan standar lalu dilaksanakan pengujian mekanik menggunakan mesin uji tarik dan uji bending yang akan menghasilkan beberapa data. Data-data tersebut akan dianalisis dan diaplikasikan dalam suatu perhitungan dan grafik yang disebut grafik tegangan dan regangan.

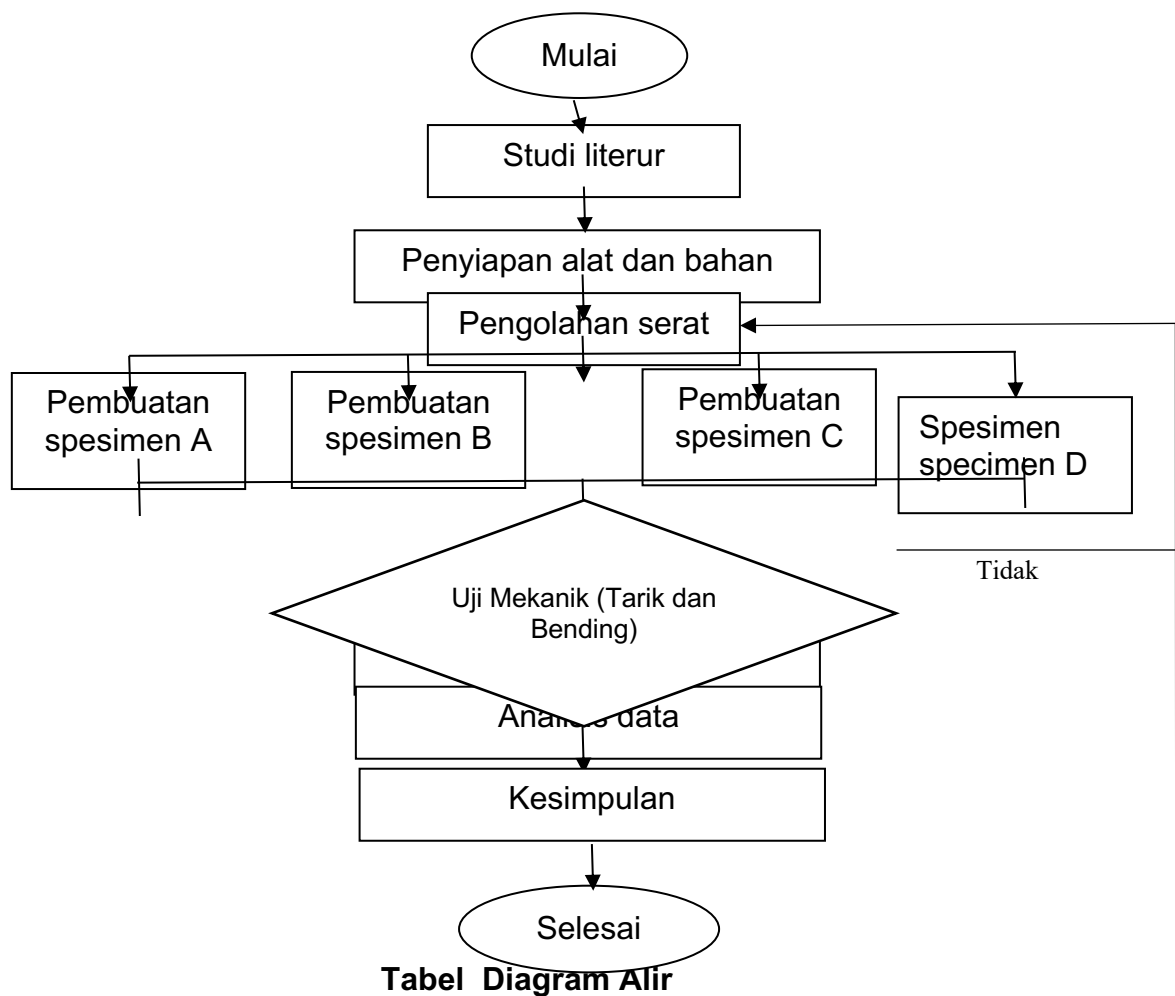
Adapun langkah-langkah uji tarik dalam proses pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan 4 benda uji komposit serat kevlar, fiber glass yang telah dipotong.
- b. Menyiapkan dan menyalakan mesin uji tarik.
- c. Memasang benda uji pada mesin uji tarik dengan benar. Pastikan komposit terpasang dengan posisi yang baik untuk menghindari kegagalan pada saat melaksanakan penarikan
- d. Mengoperasikan mesin uji tarik dengan seksama dan teliti.
- e. Mengamati hasil dari benda uji yang telah dilaksanakan uji tarik
- f. Hasil benda uji, setelah patah, lakukan pengukuran pertambahan panjang pada benda uji yang telah putus .
- g. Mengulangi langkah kerja diatas pada benda uji lainnya.

Adapun langkah-langkah uji bending dalam proses pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Potong spesimen bahan komposit sesuai ukuran standar untuk uji lentur. Pastikan spesimen bebas dari cacat seperti retak atau kerusakan yang dapat mempengaruhi hasil uji.
- b. Tempatkan spesimen uji di mesin uji lentur dengan dua titik penopang yang berada pada jarak yang ditentukan.
- c. Tentukan titik di mana beban akan diterapkan (misalnya di tengah spesimen untuk uji bending 3-point atau di dua titik penopang untuk uji bending 4-point).
- d. Letakkan spesimen di atas dua penopang mesin uji sehingga kedua ujung spesimen berada di titik penopang.
- e. Perlahan-lahan aplikasikan beban pada titik tengah spesimen (untuk uji 3-point bending) atau pada dua titik di sepanjang spesimen (untuk uji 4-point bending).
- f. Beban diterapkan secara bertahap dan kontinu sampai spesimen mencapai batas kegagalan atau deformasi maksimum yang dapat diukur.
- g. Selama uji lentur, ukur defleksi spesimen di titik pusat atau titik yang relevan menggunakan dial gauge atau sensor defleksi untuk melihat sejauh mana spesimen membengkok.
- h. Catat nilai beban yang diterapkan pada spesimen pada saat terjadi defleksi tertentu. Mesin uji biasanya dilengkapi dengan alat untuk mencatat gaya dan defleksi.

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini



IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Uji Bending. Untuk mengetahui perbandingan nilai kelenturan serat fiberglass dan Kevlar dengan menggunakan metode *Hand lay up* dan *Vacuum Arristed Resin Infusion* maka dilakukan percobaan dengan mesin Uji Bending (*Universal Bending Machine*). Perhitungan dan analisa data yang dilakukan berdasarkan data-data yang diambil dari proses Uji Bending. Sebelum melakukan Uji Bending, spesimen terlebih dahulu diukur panjang dan tebal pada sisi-sisi benda uji yang tersaji pada gambar-gambar di bawah ini.



Gambar 4.14 Mesin Uji Bending *Universal Bending Machine*

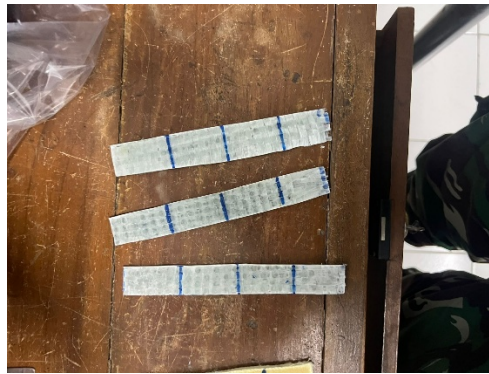
b. Proses Uji Bending sebagai berikut

- 1) Benda uji dibentuk sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dalam uji bending pada ASTM **ASTM D790**
- 2) Menentukan ukuran panjang benda uji, lebar dan ketebalan



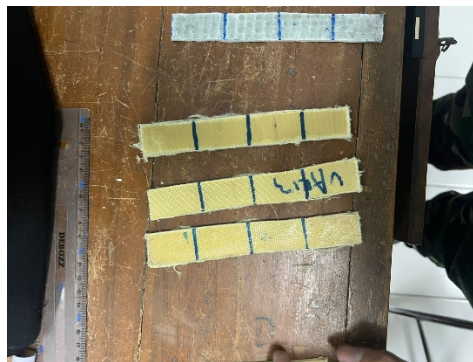
Gambar 4.15 Proses perhitungan benda uji

- 3) Terdapat 4 macam benda uji komposit yang akan diuji yaitu :
 - a) Benda Uji 1 komposit terdiri dari serat fiberglass 5 lembar dan resin fiber dengan metode VARI



Gambar 4.16 Benda Uji 1 Fiberglass Metode VARI

b) Benda Uji 2 komposit terdiri dari Serat kevlar 9 lembar dan resin fiber dengan metode VARI



Gambar 4.17 Benda Uji 2 Kevlar Metode VARI

c) Benda uji 3 bahan komposit dari Serat Fiberglass dan resin epoxy dengan metode Hand Lay-up.



Gambar 4.18 Benda Uji 3 Fiberglass Metode Hand Lay-up

d) Benda uji 4 bahan komposit dari Serat Fiberglass dan resin epoxy dengan metode hand lay-up.



Gambar 4.19 Benda Uji 4 Kevlar Metode Hand Lay-up

4) Setelah keempat benda uji mendapatkan perlakuan uji bending, selanjutnya benda uji dilakukan pengambilan data.

c. Hasil Uji Bending



Gambar 4.20 Hasil Uji Bending

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Spesimen Uji Bending.

No	d (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)
HL K1	3,5	23,5	150	496 N
HL K2	3,5	23,5	150	557 N
HL F1	6	22	150	745 N
HL F2	6	22	150	933 N
VR K1	2,8	23	150	205 N
VR K2	2,8	23	150	119 N

VR F1	3,8	21,5	150	399 N
VR F2	3,8	21,5	150	330 N
RADOME	4,95	22,75	200	2284,2 N

Keterangan :

HL K 1 dan 2 = Spesimen Uji Bending 1 dan 2 Komposit Kevlar metode Hand Lay-up sebanyak 9 lembar

HL F 1 dan 2 = Spesimen Uji Bending 1 dan 2 komposit Fiberglass dengan metode Hand Lay-up sebanyak 5 lembar

VR K 1 dan 2 = Spesimen Uji Bending 1 dan 2 komposit Kevlar dengan metode VARI sebanyak 9 lembar

VR F 1 dan 2 = Spesimen Uji Bending 1 dan 2 komposit Fiberglass dengan metode VARI sebanyak 5 lembar

d = Tebal spesimen (mm).

b = Lebar spesimen (mm).

L = Panjang spesimen (mm).

P = Gaya yang diterima beban (N).

d. Hasil perhitungan uji bending menggunakan rumus perhitungan dibawah dengan mengambil contoh data rata – rata hasil pengujian sebagai berikut :

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2}$$

Keterangan rumus

S = Tegangan bending (MPa)

P = Beban /Load (N)

L = Panjang benda uji(mm)

b = Lebar/ Width benda uji (mm)

d = Tebal / Depth benda uji (mm)

Analisa Data Uji Bending

a. Hasil Perhitungan Uji Bending

1) Perhitungan tegangan bending, komposit Kevlar HL K1

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2} = \frac{3 \times 496 \times 150}{2 \times 23,5 \times 3,5^2} = \frac{223200}{575,75} = 387,66 \text{ Mpa}$$

2) Perhitungan tegangan bending komposit Fiberglass HL F1

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2} = \frac{3 \times 745 \times 150}{2 \times 22 \times 6^2} = \frac{335250}{1584} = 211,64 \text{ Mpa}$$

3) Perhitungan tegangan bending komposit Kevlar VR K1

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2} = \frac{3 \times 205 \times 150}{2 \times 23 \times 2,8^2} = \frac{92250}{360,64} = 255,79 \text{ Mpa}$$

4) Perhitungan tegangan bending komposit Kevlar VR F1

$$S = \frac{3 PL}{2 bd^2} = \frac{3 \times 399 \times 150}{2 \times 21,5 \times 3,8^2} = \frac{179550}{620,92} = 289,16 \text{ Mpa}$$

Dari perhitungan di atas terhadap hasil ujingujian bending menghasilkan data pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Spesimen Uji Bending

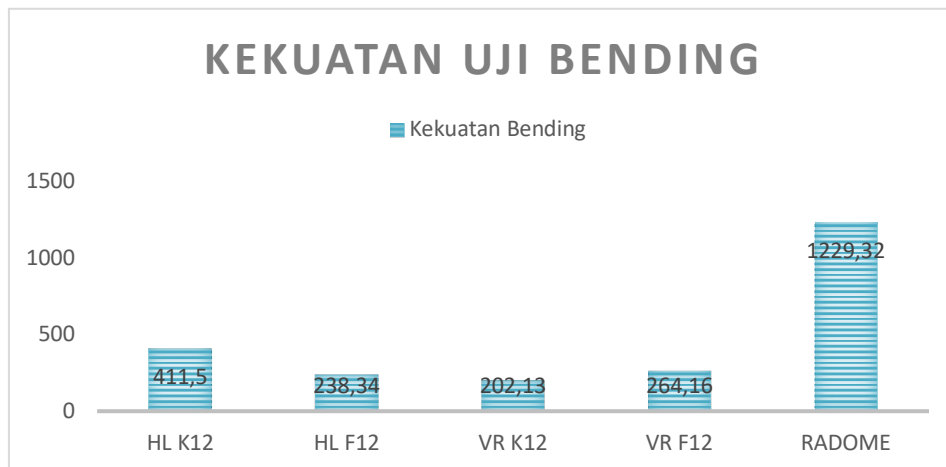
SPESIMEN BENDA UJI	GAYA BEBAN (N)	TEGANGAN BENDING (Mpa)
HL K1	496	387,66
HL K2	557	435,34
HL F1	745	211,64
HL F2	933	265,05
VR K1	205	255,79
VR K2	119	148,48
VR F1	399	289,16
VR F2	330	239,16

Tabel 4.3
Data Hasil
Rata-Rata

Perhitungan Spesimen Uji Bending.

No	Kode Spesimen	Gaya Beban (N)	Kekuatan Bending (Mpa)
1.	HL K12	526,5	411,5
2.	HL F12	839	238,345
3.	VR K12	162	202,13
4.	VR F12	364,5	264.16
5.	RADOME	2284,2	1229,32

Dari tabel 4.3 di atas dapat dibuat grafik kekuatan bending sebagai berikut



Gambar 4.21 Grafik Kekuatan Uji Bending

b. Analisa Uji Bending

1) Pada gambar grafik 4.10 dan tabel 4.3 menunjukkan hasil perbandingan Uji Bending antara komposit fiberglass dan komposit kevlar dengan menggunakan metode *Vacuum assisted resin infusion* dan *Hand Lay-up*. Hasil yang diperoleh dari pengujian Bending ini didapatkan komposit kevlar dengan metode *Hand Lay-up* menghasilkan tegangan bending tertinggi sebesar 411,5 Mpa. Kemudian yang kedua komposit fiberglass dengan metode VARI memiliki nilai tegangan bending sebesar 264,16 Mpa lalu yang ketiga yaitu komposit fiberglass dengan metode *Hand Lay-up* memiliki nilai tegangan bending sebesar 238,34 dan terakhir komposit kevlar dengan metode VARI memiliki tegangan bending sebesar 202,13 Mpa.

2) Dari data hasil percobaan yang telah dilakukan dan setelah data diolah maka didapatkan hasil sebagai berikut:

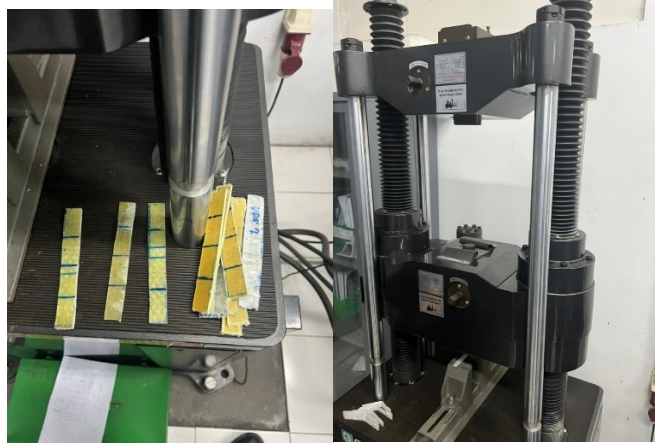
a) Pada Uji bending diperoleh tegangan yang paling besar adalah bahan komposit yang terbuat dari serat kevlar metode *Hand Lay-up* dengan nilai 411,5 Mpa yang lebih besar tegangannya dibandingkan dengan tiga bahan komposit lainnya.

b) Pada Uji bending diperoleh tegangan yang paling kecil adalah bahan komposit yang terbuat dari serat kevlar metode VARI dengan nilai 202,13 Mpa yang lebih kecil tegangannya dibandingkan dengan tiga bahan komposit lainnya.

Uraian Data Uji Tarik.

a. Untuk mengetahui perbandingan nilai kekuatan tarik serat fiberglass dan serat kevlar dengan metode VARI dan *Hand Lay-up* dilakukan percobaan dengan mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*). Dari hasil percobaan dapat diketahui perbandingan kekuatan tarik komposit serat fiberglass dan serat sabut kelapa yang akan dibandingkan dengan *Skin Pesawat Grob G 120 TP-A*. Untuk

pengujian tarik spesimen komposit ini menggunakan ASTM D 3039. Dalam perhitungan dan analisa data yang dilakukan berdasarkan data-data yang diambil dari proses uji tarik. Spesimen terlebih dahulu diukur panjang dan tebal pada sisi-sisi benda uji sebelum melakukan pengujian tarik.



Gambar 4.22 Mesin Uji Tarik

- b. Proses Uji tarik sebagai berikut
- 1) Spesimen dibentuk sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dalam ASTM D 3039.
 - 2) Menentukan perpanjangan spesimen, lebar dan ketebalan.
 - 3) Terdapat 4 macam specimen yang dibuat dan diuji sesuai dengan standart yang sudah ditentukan..
 - 4) Setelah diuji Tarik spesimen dilakukan pengambilan data.
- c. Hasil Pengujian Tarik
- 1) Komposit fiberglass VARI
 - 2) komposit kevlar VARI



Gambar 4.23 Fiberglass VARI



Gambar 4.24 Kevlar VARI

3) Komposit fiberglass Hand Lay-up 4) komposit kevlar Hand Lay-up



Gambar 4.25 Fiberglass Hand Lay-up



Gambar 4.26 Kevlar Hand Lay-up

Pelaksanaan uji tarik dilaksanakan pada 3 spesimen sebanyak 4 benda uji yang diawali dengan mengukur dimensi spesimen komposit yang akan diuji. Kemudian dilakukan pengujian terhadap spesimen uji dengan sebelumnya mengisi data-data dimensi spesimen uji. Hasil pengukuran spesimen uji dapat dilihat pada table 4.4:

a. Spesimen 1 Komposit Serat Fiberglass metode VARI

Tabel 4.4 Hasil Uji Tarik Serat Fiberglass metode VARI

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Lo (mm)	Li (mm)	ΔL (mm)	A (mm)	F (N)
1.	T VR F1	3,8	26,5	254	255	1	100,7	30297,105
2.	T VR F2	3,8	26,5	254	256	2	100,7	24713,180
3.	T VR F3	3,8	26,5	254	255	1	100,7	24617,612
4.	RATA-2	3,8	26,5	254	255,3	1,3	100,7	26542,632

b. Specimen 2 Komposit serat Kevlar metode VARI

Tabel 4.5 Hasil Uji Tarik Serat kevlar metode VARI

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Lo (mm)	Li (mm)	ΔL (mm)	A (mm)	F (N)
1.	T VR K1	2,9	28	255	259	4	81,2	22707,738
2.	T VR K2	2,9	28	255	258	3	81,2	16471,284
3.	T VR K3	2,9	28	255	258	3	81,2	23942,654
4..	RATA-2	2,9	28	255	258,3	3,3	81,2	21040,558

c. Specimen 3 Komposit serat Fiberglass metode Hand Lay-up

Tabel 4.6 Hasil Uji Tarik Serat Fiberglass metode Hand Lay-up

d. Specimen 4 Komposit serat Kevlar metode Hand Lay-up

Tabel 4.7 Hasil Uji Tarik Serat Kevlar Metode Hand Lay-up

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Lo (mm)	Li (mm)	ΔL (mm)	A (mm)	F (N)
1.	T HL K1	4,5	28,5	255	258	3	128,2	23368,635
2.	T HL K2	4,5	28,5	255	259	4	128,2	23531,88
3.	T HL K3	4,5	28,5	255	257	2	128,2	21195,898
4..	RATA-2	4,5	28,5	255	258	3	128,2	22698,804

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Lo (mm)	Li (mm)	ΔL (mm)	A (mm)	F (N)
1.	T VR F123	3,8	26,5	254	255,3	1,3	100,7	26542,632
2.	T VR K123	2,9	28	255	258,3	3,3	81,2	21040,558
3.	T HL F123	6	27	255	259,6	4,6	162	37651,859
4.	T HL K123	4,5	28,5	255	258	3	128,2	22698,804
5.	RADOME	4,9	12,3	200	201,3	1,3	60,27	12050,73

Tabel 4.8 Data Hasil Rata-rata Pengujian Tarik 4 specimen

No	Kode Spesimen	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Lo (mm)	Li (mm)	ΔL (mm)	A (mm)	F (N)
1.	T HL F1	6	27	255	260	5	162	29366,637
2.	T HL F2	6	27	255	260	5	162	40598,247
3.	T HL F3	6	27	255	259	4	162	42990,693
4.	RATA-2	6	27	255	259,6	4,6	162	37651,859

Keterangan :

T VR F1,2,3 = Spesimen 1 komposit serat Fiberglass metode VARI dengan 5 pcs

T VR K1,2,3 = Spesimen 2 komposit serat Kevlar metode VARI 9 pcs

T HL F1,2,3 = Spesimen 3 komposit serat Fiberglass metode Hand Lay-up 5 pcs

T HL K1,2,3 = Spesimen 4 komposit serat Kevlar metode Hand Lay-up 9 pcs

Lo = Panjang awal bagian dalam (mm)

Li = Panjang akhir (mm)

ΔL = Panjang akhir (Li) - Panjang awal (Lo).

F = Beban maksimal yang terbaca (N).

25. **Analisa Data Uji Tarik.** Dari data hasil pengujian tarik pada 4 spesimen, selanjutnya data diolah untuk mendapatkan besar tegangan dan regangan dengan mencari besarnya beban, pertambahan Panjang dan luas penampang dari masing-masing spesimen. Untuk besarnya nilai dari luas penampang, tegangan, regangan dan modulus elastisitas dapat dilihat dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

a. Perhitungan Uji Tarik Spesimen 1

1) Perhitungan Luas (A) menggunakan persamaan

$$A = \text{thickness} \times \text{width}$$

$$A = 3,8 \times 26,5 = 100,7 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

A = luas penampang (mm^2).

Thickness = tebal (mm).

Width = lebar (mm).

2) Perhitungan Tegangan Tarik (σ), persamaan (2.1).

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{26542,632}{100,7} = 263,58 \frac{N}{\text{mm}^2} = 263,58 \text{ MPa}$$

3) Perhitungan regangan (ϵ) dengan persamaan (2.2).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{1,3}{254} = 0,00511$$

4) Perhitungan modulus elastisitas (E) dengan persamaan (2.3).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{263,58}{0,00511} = 51581,21 \text{ MPa}$$

b. Perhitungan Uji Tarik Benda Uji spesimen 2

1) Perhitungan Luas (A) menggunakan persamaan

$$A = \text{thickness} \times \text{width}$$

$$A = 2,9 \times 28 = 81,2 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

A = luas penampang (mm^2).

Thickness = tebal (mm).

Width = lebar (mm).

2) Perhitungan Tegangan Tarik (σ), persamaan (2.1).

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{21040,558}{81,2} = 259,12 \frac{N}{\text{mm}^2} = 259,12 \text{ MPa}$$

3) Perhitungan regangan (ϵ) dengan persamaan (2.2).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{3,3}{255} = 0.0129$$

4) Perhitungan *modulus elastisitas* (E) dengan persamaan (2.3).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{259,12}{0,0129} = 20086,82 \text{ MPa}$$

c. Perhitungan Uji Tarik Benda Uji spesimen 3

1) Perhitungan Luas (A) menggunakan persamaan
 $A = \text{thickness} \times \text{width}$
 $A = 6 \times 27 = 162 \text{ mm}^2$

2) Perhitungan Tegangan Tarik (σ) ,persamaan (2.1).
 $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{37651,859}{162} = 232,41 \frac{N}{\text{mm}^2} = 232,41 \text{ MPa}$

3) Perhitungan regangan (ε) dengan persamaan (2.2).
 $\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{4,6}{255} = 0.018$

4) Perhitungan *modulus elastisitas* (E) dengan persamaan (2.3).
 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{232,41}{0,018} = 12911,66 \text{ MPa}$

d. Perhitungan Uji Tarik Benda Uji spesimen 4

1) Perhitungan Luas (A) menggunakan persamaan
 $A = \text{thickness} \times \text{width}$
 $A = 4,5 \times 28,5 = 128,25 \text{ mm}^2$

2) Perhitungan Tegangan Tarik (σ) ,persamaan (2.1).
 $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{22698,804}{128,25} = 176,98 \frac{N}{\text{mm}^2} = 176,98 \text{ MPa}$

3) Perhitungan regangan (ε) dengan persamaan (2.2).
 $\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{3}{255} = 0.0117$

4) Perhitungan *modulus elastisitas* (E) dengan persamaan (2.3).
 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{176,98}{0,0117} = 15126,49 \text{ MPa}$

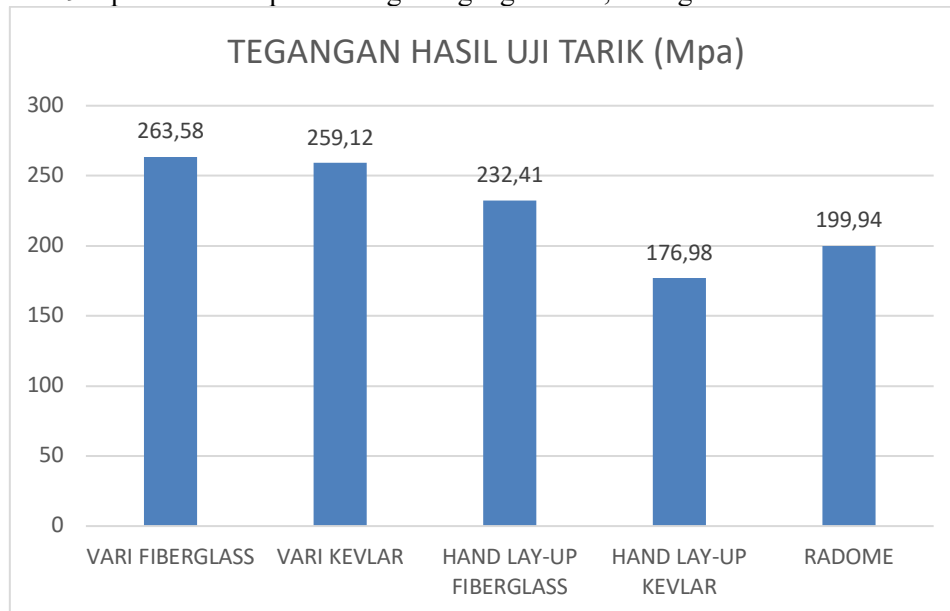
Dari hasil perhitungan pengujian tarik menghasilkan data data pada tabel 4.10.

Tabel 4.9 Hasil Rata-rata Tegangan, Regangan dan Modulus Elastisitas Uji Tarik

NO	BENDA UJI	Tegangan (Mpa)	Regangan	Modulus (Mpa)
Spesimen 1	VARI FIBERGLASS	263,58	0.00511	51581,21
Spesimen 2	VARI KEVLAR	259,12	0,0129	20086,82
Spesimen 3	HAND LAY-UP FIBERGLASS	232,41	0.018	12911,66

Spesimen 4	HAND LAY-UP KEVLAR	176,98	0,0117	15126,49
Bahan Uji Asli	RADOME	199,94	0,006	33323,33

Dari tabel 4.9 diperoleh hasil perbandingan tegangan tarik, lihat gambar dibawah ini:

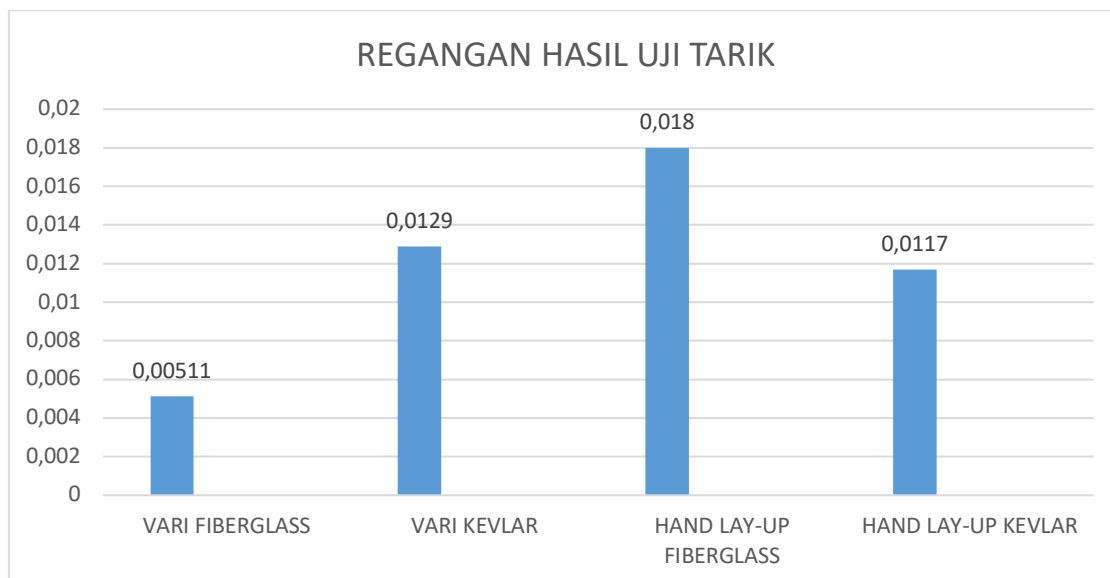


Gambar 4.27 Grafik Tegangan Hasil Uji Tarik

d. Analisa Uji Tarik

Pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa Komposit serat fiberglass metode VARI memiliki nilai besaran tegangan tarik yang lebih besar daripada tiga komposit lainnya. Hal ini didapatkan karena komposit serat fiberglass terbuat dari serat fiberglass yang memiliki struktur serat yang lebih rapi dan padat. sehingga menghasilkan tegangan tarik maksimal, sedangkan pada serat kevlar memiliki strktur serat yang tidak rapat dan tidak padat.

Dengan nilai tegangan serat kevlar metode hand lay-up sebesar 176,98 MPa lebih kecil dari serat fiberglass metode hand lay-up yang memiliki nilai tegangan sebesar 232,41 MPa, serat kevlar metode VARI memiliki tegangan sebesar 259,12 MPa dan komposit serat fiberglass metode vari senilai 263,58 MPa memiliki tegangan Tarik terbesar dari ketiga benda uji..

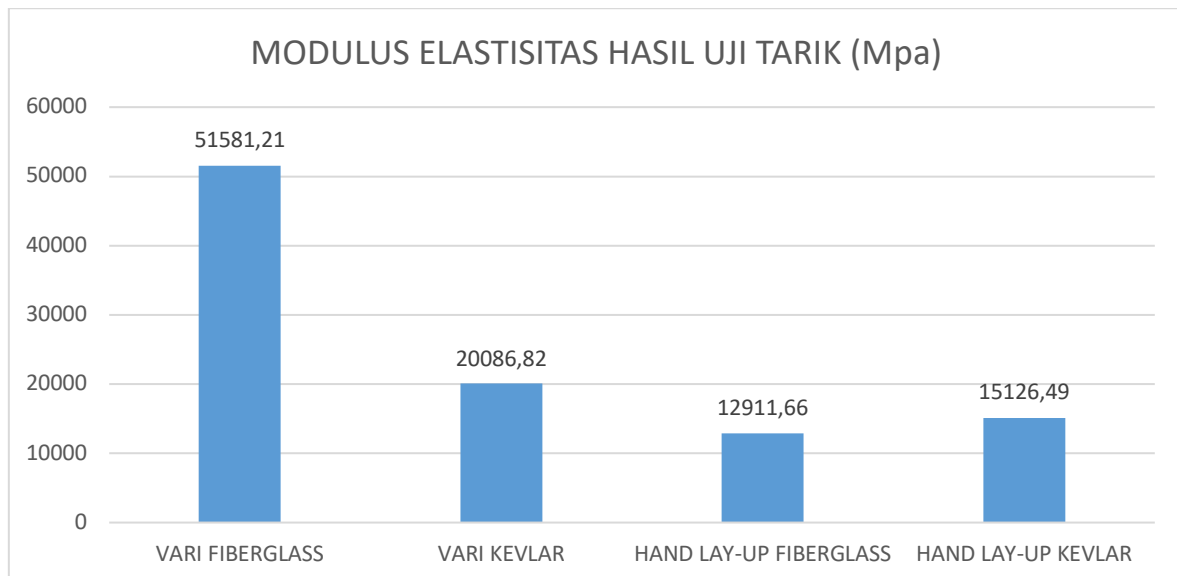


Gambar 4.28 Grafik Regangan Hasil Uji tarik

Pada gambar 4.17 menunjukkan hasil perbandingan regangan empat material komposit. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa komposit serat fiberglass metode Hand Lay-up memiliki nilai regangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan regangan komposit serat fiberglass metode VARI, serat

Kevlar metode VARI dan serat kevlar metode Hand Lay-up. Hal ini terjadi karena komposit serat fiberglass metode VARI hampir putus dan hasil dari uji tarik serat tersebut memiliki regangan yang kecil daripada ketiga komposit lainnya.

Serat fiberglass metode Hand Lay-up lebih menyatu dengan matrik karena ketika uji tarik serat fiberglass tidak sampai putus dan memiliki nilai regangan yang tinggi. Dapat dilihat pada gambar 4.7. Dengan serat fiberglass metode VARI senilai 0,00511 mm lebih kecil dari serat kevlar metode Hand Lay-up senilai 0,0117 mm dan serat kevlar metode VARI senilai 0,0129 mm lebih kecil dari serat fiberglass metode Hand Lay-up senilai 0,018 mm. Maka regangan yang paling besar diantara keempat specimen tersebut adalah serat fiberglass metode Hand Lay-up. Pada



Gambar 4.28 Grafik Modulus elastisitas hasil uji tarik

Pada gambar 4.18 menunjukkan hasil perbandingan modulus elastisitas antara komposit serat fiberglass dan komposit serat kevlar dengan menggunakan metode Hand Lay-up dan VARI. Hasil yang diperoleh modulus elastisitas dari komposit serat fiberglass metode VARI lebih tinggi dibandingkan dengan tiga komposit lainnya. Dari hasil nilai tersebut karena nilai pada tegangan tarik pada tiga komposit serat tersebut lebih rendah dari serat fiberglass metode VARI yang nilainya dibagi oleh nilai regangan yang kecil, sehingga mendapatkan hasil nilai yang besar untuk komposit serat fiberglass metode VARI. Dengan nilai Modulus elastisitas serat fiberglass metode VARI sebesar 51581,21 MPa lebih besar dari serat kevlar metode VARI senilai 20086,82 MPa, serat fiberglass metode Hand Lay-up senilai 12911,66 MPa dan serat kevlar metode Hand Lay-up senilai 15126,49 MPa.

B. Pembahasan

Pada pembahasan uji mekanik saat ini kami membandingkan dengan hasil uji Tarik dan uji bending pada benda uji radome pesawat Hercules C-130 yang kami kutip dari tugas akhir letnan dua teknik fitry, data hasil percobaan yang telah dilakukan dan setelah data diolah maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Tegangan tarik pada serat fiberglass metode vacuum assisted resin infusion sebesar 263,58 N/mm lebih besar dibanding dari serak vari metode vari sebesar 259,12 N, serat fiberglass metode *hand lay up* sebesar 232,41 N, serat kevlar metode *hand lay up* sebesar 176,98 N dan benda uji *Radome* pesawat Hercules C-130 sebesar 199,94 N.
- b. Regangan tarik pada serat fiberglass metode Hand Lay-up sebesar 0,018 lebih besar dibanding dari serak fiberglass metode VARI sebesar 0,00511, serat kevlar metode *vaccum* sebesar 0,0129, serat kevlar metode *hand lay up* sebesar 0,0117 dan benda uji *radome* pesawat Hercules C-130 sebesar 0,006.
- c. Modulus elastisitas pada serat fiberglass metode VARI sebesar 51581,21 Mpa lebih besar dibanding dengan benda uji radome pesawat Hercules C-130 sebesar 33323,33 Mpa, serat kevlar metode VARI sebesar 20086,82 Mpa, serat fiberglass metode

hand lay-up sebesar 12911,66 Mpa dan serat kevlar metode hand lay-up sebesar 15126,49 Mpa.

d. Dalam Uji bending diperoleh tegangan yang lebih besar adalah serat benda uji *radome* pesawat Hercules C-130 sebesar 1229,32 Mpa dibandingkan dengan serat fiberglass dan kevlar baik metode *hand lay up* maupun *vacuum aristed resin infusion*

e. Dari gambar 4.21 terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh uji tarik serat fiberglass dengan metode *vacuum aristed resin infusion* lebih baik dibandingkan dengan *radome* dan serat kevlar. Hal ini disebabkan serat fiberglass memiliki susunan serat yang teratur dan lebih rapat dibanding dengan serat kevlar dan *radome* pesawat Hercules C-130.

Kesimpulan

Berdasarkan pengambilan data dan analisa hasil pengujian kekuatan mekanik benda uji komposit dapat disimpulkan sebagai berikut :

a. Dalam pengujian tarik Komposit *fiberglass* metode *vacuum arristed resin infusion* lebih baik nilai tegangan di bandingkan dengan serat kevlar dan fiberglass metode *hand lay up* dan serat kevlar metode vari. Dengan rincian sebagai berikut :

- 1) Serat fiberglass metode vari sebesar 263,58 N
- 2) Serat kevlar metode vari sebesar 259,12 N
- 3) Serat fiberglass metode *Hand lay up* sebesar 232,41 N
- 4) Serat kevlar metode *hand lay up* sebesar 176,98 N

Dalam pengujian bending nilai kelenturan yang paling besar adalah komposit serat kevlar metode hand lay-up yang dibandingkan dengan serat fiberglass dan kevlar metode *vacuum aristed resin infusion* serta komposit serat fiberglass metode *hand lay-up*. Dengan rincian sebagai berikut :

- 1) Serat kevlar metode hand lay-up sebesar 411,5 Mpa
- 2) Serat fiberglass metode vari sebesar 264,16 Mpa
- 3) Serat fiberglass metode *Hand lay up* sebesar 238,345 Mpa
- 4) Serat kevlar metode vari sebesar 202,13 Mpa

b. Dalam penelitian ini Komposit yang telah kami buat menggunakan serat kevlar dan serat fiberglass baik dengan metode *vacuum arrested resin infusion* maupun

metode hand lay-up belum dapat digunakan sebagai *alternative* mengganti bahan pembuat komposit *radome* pesawat Hercules C-130.

c. Metode *vacuum* lebih baik di bandingkan metode *hand lay up* karena susunan antara serat komposit lebih rapat rongga udara lebih rapat dan sangat sedikit rongga udaranya.

d. Melalui penelitian yang dilakukan, terdapat faktor-faktor yang dapat meningkatkan kualitas kekuatan spesimen bahan komposit diantaranya :

- 1) Daya serap antara serat dan resin harus maksimal.
- 2) Proses pembuatan spesimen atau penyusunan serat tidak boleh terlalu lama.
- 3) Hindari terbentuknya rongga yang hanya mengandung resin atau serat saja, dalam hal ini penempatan serat atau resin harus merata di segala sisi.
- 4) Jumlah kandungan antara resin dan serat dalam suatu bahan komposit harus seimbang.
- 5) Meminimalisir terbentuknya rongga udara dalam spesimen komposit.
- 6) Penempatan posisi serat harus mampu menopang pembebanan dari segala arah.

REFERENSI

- [1] Mohammad Alfian Ilmy 2018 pengaruh fraksi volume fiber glass terhadap sifat mekanik komposit fiber glass atau epoxy dengan metode VARI.
- [2] Widiartha, I Gede, dkk, 2012. "Study Kekuatan Bending dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene Yang Diperkuat oleh Hybrid Serat Sisal dan Kurang Goni", *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 2 No. 2 Juli 2012
- [3] Rahmat Aziz Damar Sogi Zuhuri 2023 kekuatan tarik komposit fiberglass dengan limbah bulu ayam sebagai serat pengganti matt dan fiberglass
- [4] Nasrul, Hendrik. 2014. Rangkuman Penjelasan Mekanika dan Tegangan. Universitas Negri Yogyakarta
- [5] Amirudin, M Ubazu, 2021. Sifat Mekanik Pipa Komposit Serat Gelas, Karbon dan Karbon Kevlar yang Dibuat dengan Metode Bladder Compression Molding. Universitas Gajah Madha
- [6] Bryan Senly Mailoa 2022 Perbandingan Uji Tarik Komposit Serat Rami dan *Fiberglass* Metode *Hand Lay Up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* Sebagai Pengganti *Skin* Pesawat Grob G 120 TP-A