

PENGUJIAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT VARIASI ARAH SERAT *ROVING* – RESIN *POLYESTER BQTN R157* YANG DIPRODUKSI DENGAN METODE *VACUUM BAGGING* UNTUK APLIKASI PESAWAT TANPA AWAK

Thomas Djunaedi, Bambang Setiawan

Jurusan Teknik Mesin ,Fakultas Teknik , Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat
tjunaedi@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian studi sifat mekanik uji Tarik komposit serat *Roving* berbasis resin *Polyester* dengan arah serat 0°,90° dan 45° fraksi masa 60% serat : 40% resin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mikro dan makro komposit serat *Roving* dengan resin *Polyester* yang di aplikasikan untuk pesawat tanpa awak. Sifat mikro komposit diketahui dari pengujian densitas sedangkan sifat makro komposit diketahui dari dilakukannya pengujian kekuatan tarik komposit, pengujian standar ASTM D3039 aplikasi pesawat tanpa awak di analisa dengan kekuatan atmosfer udara dan ketinggian di udara menggunakan standarisasi Internasional Standar Atmospher. Dalam penelitian ini dilakukan variasi fraksi volume dalam pembuatan komposit, yaitu variasi serat dan resin 60%:40%. Pembuatan komposit ini dilakukan dengan menggunakan metode *vacuum bagging*. Dari pengujian yang telah dilakukan diketahui nilai densitas terbesar terdapat pada variasi serat 45° yaitu sebesar $1,844 \text{ gr/cm}^3$. dari pengujian densitas tersebut disimpulkan bahwa semakin banyak presentase serat maka semakin besar pula nilai densitas komposit tersebut. Pada pengujian tarik , modulus elastisitas tarik tertinggi terdapat pada variasi serat 90° yaitu sebesar 25255.33 MPa. Analisa kekuatan tekanan atmosfer pesawat tanpa awak menunjukkan bahwa arah serat 90° dengan komposit serat *Roving resin polyester* memiliki kekuatan sangat tinggi di bandingan kekuatan tekanan udara dan mempunyai nilai maksimum stress sebesar 641.96 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa jenis komposit dengan arah serat ini sudah memenuhi standar tekanan udara untuk pembuatan pesawat tanpa awak.

Kata kunci: Komposit, Serat *Roving*, Resin *Polyester*, Pesawat Tanpa Awak

Abstract

A research of the mechanical properties of composite fiber *Roving Pull test Polyester*-based resin with the fiber direction 0°, 90° and 45° with a mass fraction 60% fibers: 40% resin. This study aims to determine the characteristic of roving fiber composite combain with polyester resin which in aplikasian for unmanned aircraft. Micro-characteristic of the composite can be known from the density testing and macro macro-characteristic of the composite can be known from tensile strength testing, ASTM D3039 standard test for drone applications in the analysis for air and level of the atsmosfer strength in the air using the Standard of International Standardization Atmospher (ISA). In this study variations in the manufacture of composite volume fraction, ie the variation of fiber and resin 60%: 40%. Composite manufacturing is done by using the method of vacuum bagging. From the testing that has been made known to the greatest density value contained in the variation of 45° fiber that is equal to 1.844 gr/cm^3 . The density of the test concluded that the highest percentage of fiber is the greater density of the composite value. In tensile testing, tensile modulus of elasticity is highest in fiber 90° variation with the amount of 25255.33 large .Atmosphere pressure analysis shows that the fiber in a direction 90° with

polyester resin Roving fiber composites have a very high strength if we compare with air pressure strength and has a maximum stress value of 641.96 MPa. This shows that the composites with these fiber direction already meet the standards of air pressure for the drone manufacture

Keywords : Composite, Roving Fiber, Polyester Resin, Unmanned Aircraft

PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan teknologi material merupakan salah satu perkembangan yang menjadi perhatian khusus berbagai negara di dunia. Salah satu teknologi material yang saat ini menjadi perhatian khusus adalah material komposit.

Material komposit telah banyak digunakan sebagai material alternatif pengganti material logam dalam berbagai industri, terutama dalam industri kedirgantaraan terutama di pesawat tanpa awak. Hal ini disebabkan oleh keunggulan sifat material komposit yang lebih kuat, ringan, dan tahan terhadap korosi. Selain itu, kekuatan mekanik pada material komposit dapat diatur, sebagai contoh pengaplikasian bahan atau material komposit berpenguat serat yaitu pada pembuatan body dan sayap pesawat tanpa awak atau drone, Struktur tersebut harus mampu menahan gaya angkat daerah kulit sayap bagian bawah yang menimbulkan tegangan lentur terhadap sayap. Spar yang merupakan rangka sayap akan mengalami beban tekan pada struktur bagian atas dan beban tarik pada struktur bagian bawah. Sehingga spar cap bagian bawah dapat diasumsikan akan mengalami beban tarik dalam pengujian Pengukuran.

Pusat Teknologi Penerbangan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (PUSTEKBANG LAPAN) merupakan salah satu lembaga yang melakukan penelitian serta mengembangkan teknologi material komposit dalam bidang penerbangan dengan melakukan pembuatan pesawat terbang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi material komposit

1. Faktor Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matriks yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Latak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan

kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

3. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat mempengaruhi terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang.

4. Bentuk Serat

Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain bentuknya, kandungan seratnya juga mempengaruhi.

5. Faktor *matriks*

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matriks dan serat saling berhubungan. Pembuatan komposit serat membutuhkan matrik yang berfungsi sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matriks dan serat saling berhubungan.

6. Faktor ikatan *fiber-matriks*

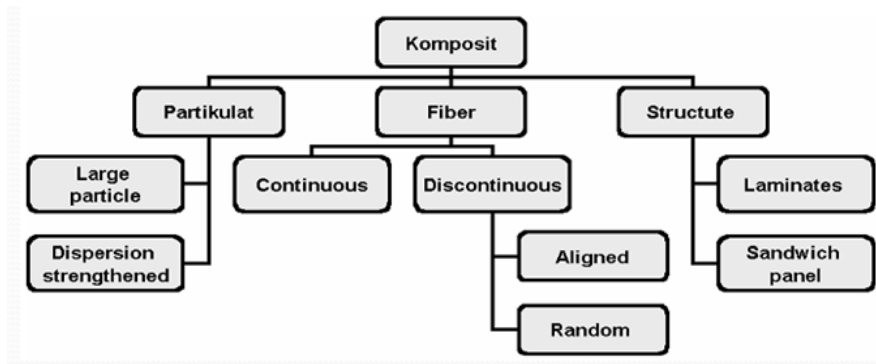
Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuatnamun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matriks dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang

sempurna yang dapat menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan atau pada saat laminasi. Bila komposit tersebut menerima beban, maka akan terjadi konsentrasi tegangan pada daerah *void* yang menyebabkan kekuatan material menjadi berkurang. *Void* bisa disebabkan oleh adanya

udara yang terperangkap pada saat proses laminasi.

Klasifikasi Komposit Berdasarkan Serat

Pembagian komposit berdasarkan jenis penguatnya dapat digolongkan menjadi tiga yaitu:



Gambar 1 Pengelompokan komposit berdasarkan jenis penguatnya

Serat *e glass*

Serat gelas dibuat dari campuran kaolin, sand, colemantie, limestone yang dilebur dalam furnace electrically heated bushing. Selanjutnya, cairan material tersebut ditarik dalam bentuk filamen (serat) dengan diameter 5-24 mm dan ditaburkan di atas belt conveyor dengan orientasi acak. Serat acak tersebut diikat oleh pengikat organic polyvinil acetate untuk menghasilkan ikatan longgar mat terbuka yang untuk dilakukan laminasi. Tipe serat gelas yang paling banyak digunakan di industri adalah E-glass baik berbentuk random chopped strand mat (CSM) maupun woven roving. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material. Serat glass mempunyai karakteristik yang berbeda-

beda. Pada penggunaannya, serat glass disesuaikan dengan sifat/karakteristik yang dimilikinya.

Biaya produksi rendah, proses produksi sangat sederhana, memberikan serat glass unggul dalam ratio (perbandingan) harga dan performance. Serat glass banyak digunakan di industri industri otomotif seperti pada panel-panel body kendaraan. Bahkan sepeda motor sekarang seluruh body terbuat dari komposit yang berpenguat serat glass. Komposit glass/epoxy dan glass/polyester diaplikasikan juga pada lambung kapal dan bagianbagian pesawat terbang.

Jenis utama adalah E-glass (juga disebut "fiberglass") dan S-glass. "E" di E-glass singkatan listrik karena ia dirancang untuk aplikasi listrik. Namun, itu digunakan untuk banyak tujuan lain sekarang, seperti dekorasi dan aplikasi struktural. "S" di S-glass singkatan konten yang lebih tinggi dari silika. Ini mempertahankan kekuatan pada temperatur tinggi dibandingkan dengan Eglass dan memiliki kekuatan lelah yang lebih tinggi. Hal ini digunakan terutama untuk aplikasi ruang angkasa. Beberapa perbedaan properti diberikan dalam Tabel 2.1. Perbedaan sifat ini disebabkan oleh komposisi dari E-kaca dan serat S-kaca. Unsur-unsur utama dalam dua jenis serat yang berbeda.

Tabel 1 *Properties* mekanik dua jenis serat karbon

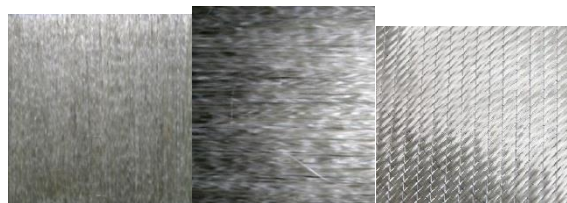
Property	Units	E-Glass	S-Glas
Specific gravity	-	254	2.49
Young's modulus	GPa	72.40	85.50
Ultimate tensile strength	Mpa	3447	4585
Axil coefficient of thermal expansion	um/m/° C	5.05	5.58



Gambar 2 Serat Resin

Serat *Roving* adalah sejumlah helai (biasanya 20) di susun tanpa di plintir dan di lilitkan pada sebuah *spool* , melepaskan lilitan *spool* dari dalam akan menyebabkan terpelintir 2 – 5 putaran per meter

Serat glass mempunyai berbagai tipe, diantaranya adalah *E-glass, A-glass, C-glass, D-glass, S-2 glass, R-glass, T-glass, low K, dan hollow fiber*. *E-glass* merupakan jenis *fiberglass* dengan konsentrasi alkali *glass* yang rendah, dengan aluminium borosilicate, mempunyai sifat isolator listrik yang sangat baik, banyak digunakan dalam industri karena harganya yang terjangkau[ref-10]. Pada penelitian kali ini serat yang digunakan adalah serat glass tipe *roving* 0°, 90° dan 45°, yaitu serat *E-Glass* yang kemudian ditumpuk dan dijadikan satu dengan dua arah serat yang berbeda^[ref-15]



Gambar 3 (a) serat roving 0° (b) serat roving 90 (c) serat roving ±45°

Tabel 2 Densitas Serat *E Glass* Berbentuk *Rovin*

	Massa di udara(ma = g)	Massa di air(ma = g)	ρ (g/cm ³)	P. water (g/cm ³)
1	0.1726	0.0993	2.342	0.0994
2	0.1771	0.1036	2.396	
3	0.1812	0.1051	2.368	
4	0.1681	0.0981	2.388	
5	0.1776	0.0947	2.130	
6	0.1758	0.0903	2.035	
7	0.1651	0.0903	2.195	
8	0.1642	0.0888	2.168	
9	0.1671	0.0925	2.227	
10	0.167	0.0901	2.165	
Rata-rata	0.171	0.095	2.2414	
Stdev	0.00603	0.00599	0.12477	

Hasil Uji Densitas komposit 90°

Tabel 3 Hasil Uji Densitas 90°

Spe sim enn	Massa di Udara (gr)	massa di air (gr)	densitas air (gr/cm^3)	densitas spesimen (gr/cm^3)
1	0.830	0.381	0.9773	1.806
2	0.872	0.389		1.844
3	0.968	0.433		1.817
4	0.928	0.423		1.846
5	0.936	0.437		1.886
rata-rata				1.844

Dari tabel 3 di ketahui bahwa rata-rata massa jenis komposit dengan fraksi 40% serat dan 60% resin adalah $1.844 gr/cm^3$

Hasil Uji Densitas Komposit 0°

Tabel 4 Hasil Uji Densitas Komposit 0°

Spes imen	Massa di Udara (gr)	massa di air (gr)	densitas air (gr/cm^3)	densitas spesimen (gr/cm^3)
1	0,185	0.082	0.97737	1.796
2	0.315	0.122		1.622
3	0.295	0.113		1.611
4	0.316	0.114		1.554
5	0.311	0.125		1.666
rata-rata				1.6484

Hasil Uji Densitas Komposit ±45°

Tabel 5 Hasil Uji ±45° (ref 10)

Sp esi m en	Massa di Udara	massa di air	densitas air	densitas spesimen
1	0.772	0.307	0.9773	1.623
2	0.834	0.287		1.489
3	0.871	0.303		1.500
4	0.759	0.314		1.666
5	0.820	0.295		1.526
rata-rata				1.561

Dari tabel 5 di ketahui bahwa rata-rata massa jenis komposit dengan fraksi 60% serat dan 40% resin adalah $1,844 gr/cm^3$. Dari ketiga data tersebut diketahui bahwa semakin besar massa di udara di banding kan dengan massa di air suatu Hal ini terjadi karena massa jenis densitas komposit serat roving dan resin polyester BqTN R157 lebih besar dibandingkan massa jenis serat roving saja. Massa jenis serat roving dan resin polyester BqTN R157 90^0 adalah $1,561 gr/cm^3$, 0^0 adalah $1,164 gr/cm^3$ sedangkan massa jenis $\pm 45^0$ $1,844 gr/cm^3$.

Hasil Uji Tarik

Pada pengujian uji tarik ini, spesimen dipotong dengan panjang sesuai dengan ASTM D3039, lebar sesuai dengan ASTM D3039. Pada setiap ujung spesimen diberi tabbing dengan panjang 56 mm dan lebar 15 mm

Tabel 6 Rekomendasi Geometri Spesimen

Fiber Orientation	Width mm (in.)	Overall Length, mm (in.)	Thickness, mm (in.)	Tab Length mm (in.)	Tab Thickness Mm (in.)	Tab Bevel Angle, °
0° unidirectional	15 (0.5)	250 (10.0)	1.0 (0.040)	56 (2.25)	1.5 (0.062)	7 or 90
90° unidirectional	25 (1.0)	175 (7.0)	2.0 (0.080)	25 (1.0)	1.5 (0.062)	90
Balanced and symmetric	25 (1.0)	250 (10.0)	2.5 (0.100)	emery cloth	-	-

Tabel 7 Karakteristik Spesimen Arah 0°

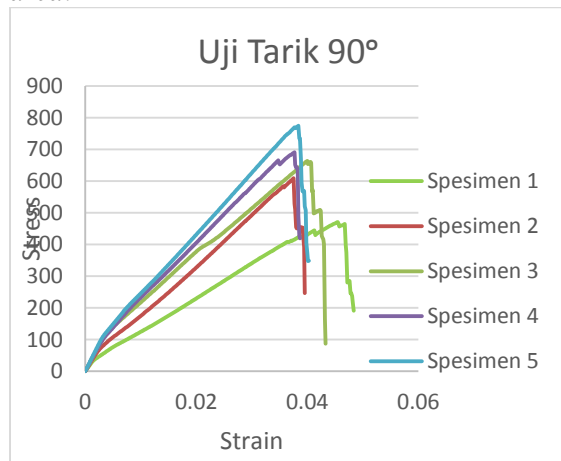
Spe sim en	Lo ad (P)	Displace ment (σ)	M ax St res s (MPa)	S tr ai n	Sec tio n are a	G ag e le ng th (mm)	Mod ulus you ng (MPa)
0°	92,65,7	4,9590	40,3,5	0,01	22,98	25,0	20318,

Tabel 8 Hasil Uji Tarik 90° dengan 60% Serat : 40% Resin

Spesimen Test No	Width	Thickn ess	Sectional area	Maximum point stress	Maximum point load	Madulus Young
	mm	Mm	mm ²	MPa	N	MPa
1	25	1.988	6.808	470.81	10757.28	11724.05
2	25	1.077	7.232	609.10	10496.15	21177.78

3	25	1.955	6.200	664.30	10097.40	30831.54
4	25	1.941	6.056	691.16	10406.20	29601.23
5	25	1.997	6.952	774.44	12353.98	32942.06
Rata-rata				641.96	10822.20	25255.33

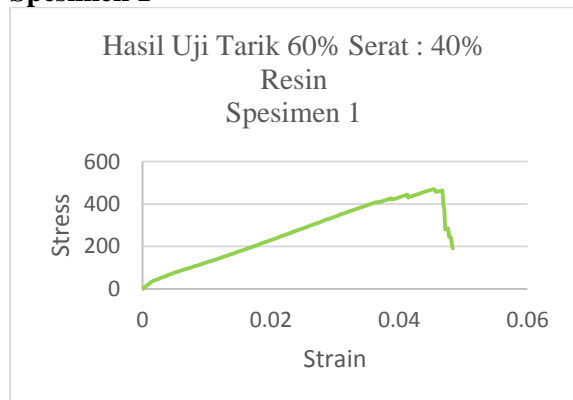
Sedangkan grafik spesimen digambarkan dengan hubungan *strain* dan *stress* dari spesimen tersebut. *Strain* diperoleh dari pembagian *displacement* dengan lebar spesimen. *Stress* diperoleh dari pembagian *load* dengan *section area*.



Gambar 4 Grafik Hasil Uji Tarik 90° Dengan 60% Serat : 40% Resin

Dari gambar di atas merupakan grafik gabungan dari spesimen 1 sampai spesimen 5 dengan arah serat 90° fraksi masa 60% Serat : 40% Resin

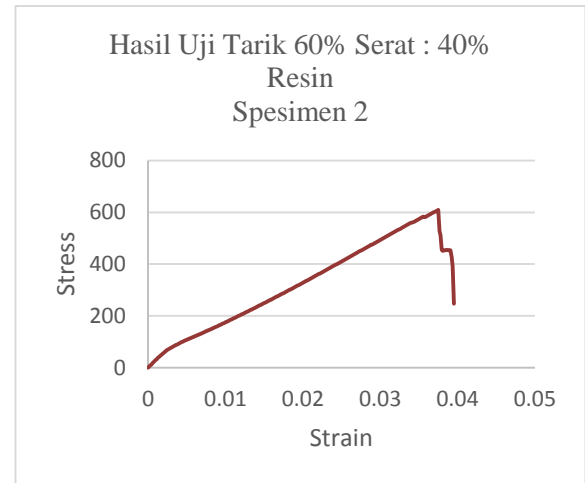
1. Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 1



Gambar 5 . Hasil Uji Tarik Spesimen 1

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 1 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 470,819 MPa, 10757,281 N dan 11724,05 MPa.

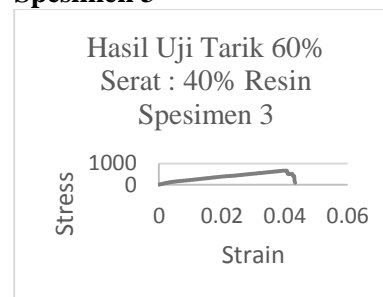
2. Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 2



Gambar 6 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 2 (ref 14)

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 2 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 609,108 MPa, 10496,159 N dan 21177,78 MPa.

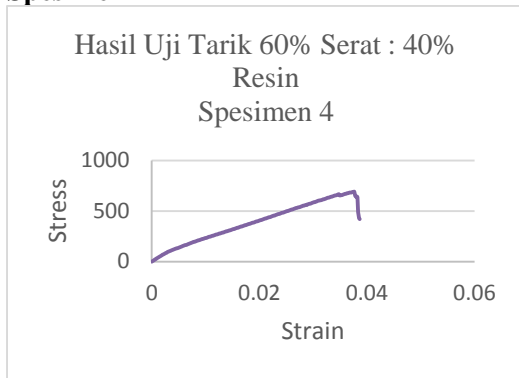
3. Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 3



Gambar 7 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 3 .

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 3 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 664,302 MPa, 10097,401 N dan 30831.54 MPa.

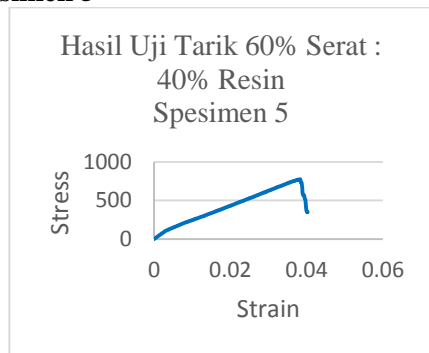
4. Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 4



Gambar 8 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 4

Dari grafik diketahui bahwa dari spesimen 4 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 691,166 MPa, 10406,204 N dan 29601,23 MPa.

5. Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 5



Gambar 9 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 5

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 4 adalah Dengan maksimum *stress*,

maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 774.44 MPa, 12353.987 N dan 32942,06 MPa Setelah melakukan pengujian tarik untuk spesimen dengan fraksi 60:40 diketahui bahwa semua spesimen setelah diuji mengalami kerusakan dibagian yang sama yaitu diseluruh permukaan spesimen. Berdasarkan ASTM D 3039 diketahui bahwa kerusakan seperti pada Gambar 4.15 adalah kerusakan jenis XGM (*Explosive Gage Midle*).

Berdasarkan hasil pada Tabel 8 diketahui bahwa rata-rata nilai maksimum poin *stress* pada fraksi 60:40 adalah 641,969 MPa, rata-rata maksimum poin *load* sebesar 10822,206 N dan rata-rata *Modulus young*nya adalah 25255,33 MPa. Dari Tabel 8 juga dapat diketahui bahwa spesimen dengan maksimum poin *stress*, maksimum poin *load*, dan modulus elastisitas tertinggi terdapat pada spesimen 5.



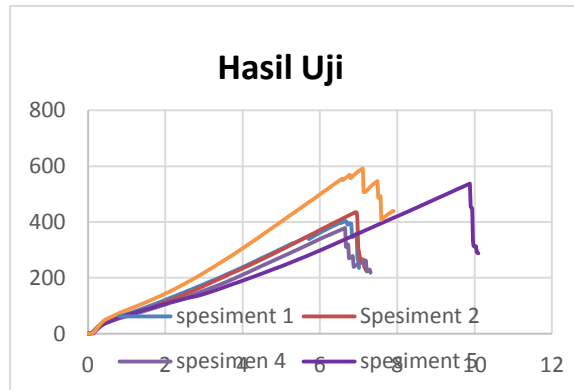
Gambar 10 Spesimen Uji Tarik Fraksi 90 ° dengan 60:40 setelah diuji Hasil Uji Tarik specimen 0°

Hasil pengujian tarik fraksi 60:40 diperoleh hasil berupa tabel dan grafiik. Tabel hasil pengujian berisi lebar, tebal, *section area*, maksimum poin *stress*, *maximum point load*, dan *modulus young* dari spesimen tersebut

Tabel 9 Hasil Uji Tarik 0° dengan 60% Serat : 40% Resin

Test No	Width (mm)	Thickness (mm)	Sectional area (mm ²)	Maximum point Load (N)	Maximum point2 Stress (MPa)	Modulus young (MPa)
1	15.42	1.49	22.98	9265.70	403.28	20318.00
2	14.63	1.55	22.68	9857.90	434.72	19884.00
3	15.05	1.51	22.73	8331.20	366.60	24562.00
4	15.03	1.60	24.05	9096.30	378.26	17959.00
5	14.95	1.50	22.43	12054.00	537.53	20158.00
rata-	7.51	0.77	11.49	9721.02	424.08	20576.20

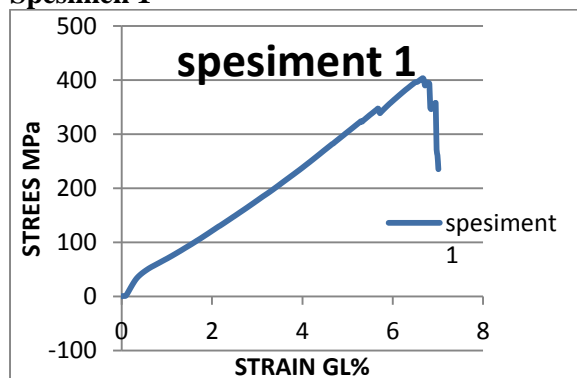
Sedangkan grafik spesimen digambarkan dengan hubungan *strain* dan *stress* dari spesimen tersebut. *Strain* diperoleh dari pembagian *displacement* dengan lebar spesimen. *Stress* diperoleh dari pembagian *load* dengan *section area*.



Gambar 11 Grafik Hasil Uji Tarik 0° dengan 60% Serat : 40% Resin

Dari gambar di atas merupakan grafik gabungan dari spesimen 1 sampai spesimen 5 dengan arah serat 0° fraksi masa 60% Serat : 40% Resin

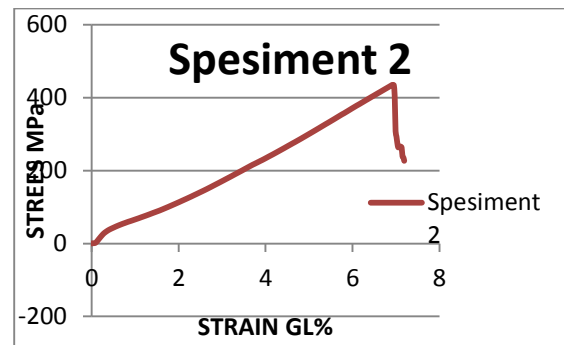
Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 1



Gambar 12 Grafik Hasil Uji Tarik 0° dengan 60% Serat : 40% Resin Spesimen 1

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 1 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 434.72 MPa, 9857.90 N dan 19884.00 MPa.

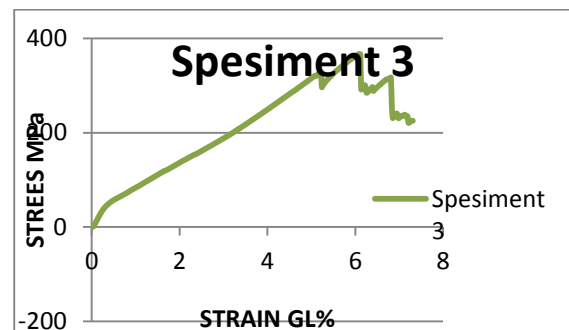
Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 2



Gambar 13 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 2

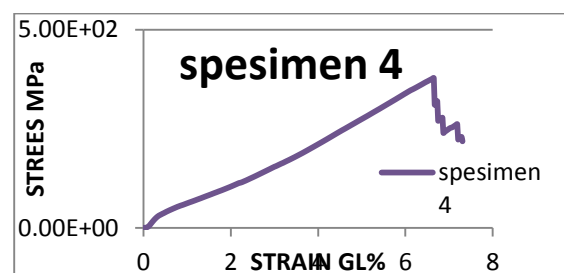
Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 2 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 434.72 MPa, 9857.90 N dan 19884.00 MPa.

Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 3



Gambar 14 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 3 Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 3 adalah Dengan maksimum *stress*, maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 366.60 MPa, 8331.20 N dan 24562.00 MPa.

Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 4



Gambar 15 Grafik Hasil Uji Tarik 60% Serat : 40% Resin Spesimen 4

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari spesimen 4 adalah Dengan maksimum *stress*,

maksimum *load*, dan *Modulus young* adalah 378.26 MPa, 9096.30 N dan 17959.00 MPa.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

Dari pengujian densitas komposit diketahui nilai densitas terbesar terdapat pada variasi serat 90° yaitu sebesar $1,844 \frac{gr}{cm^3}$ dari pengujian densitas tersebut disimpulkan bahwa arah serat 90° memiliki kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan 2 variasi arah lainnya.

Pada pengujian tarik, modulus elastisitas tarik tertinggi terdapat pada variasi serat 90° yaitu sebesar 25255.33 MPa.

Analisa kekuatan tekanan atmosfer pesawat tanpa awak menunjukkan bahwa arah serat 90° dengan komposit serat *Roving resin polyester* memiliki kekuatan sangat tinggi di bandingkan kekuatan tekanan udara dan mempunyai nilai maksimum stress sebesar 641.96 MPa.

Hal ini menunjukkan bahwa jenis komposit dengan arah 0, 90 dan 45 serat ini sudah memenuhi standar tekanan udara 1000 feet sampai 5000 feet untuk pembuatan pesawat tanpa awak

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM International. 2001. ASM Metal Handbook Volume 21 Composites. American Society for Metals. Formerly Ninth Edition. The United States of America.
- [2] ASTM. 2004. D 3039/D 3039 M – 00. Tensile Properties of Polymer Matrix Composites Materials. ASTM International. United States.
- Autar, K. Kaw., 2007. Mechanics of Composite Materials. University of South Florida. Tampa. Taylor & Francis Group,
- [3] Abdurrohman, Kosim. 2015. Penentuan Material Densitas Resin Sebagai Bahan Dasar Komposit. PUSTEKBANG LAPAN.
- [4] Alian, Helmy. 2011. Pengaruh Variasi fraksi Volume Semen Putih Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Glass Fiber Reinforce Plastic (GFRP) Berpenguat Serat E-Glass Chop Steand Mat dan Matriks Resin Polyester. Palembang: Universitas Sriwijaya
- [5] Brenes, Alejandro A. Stradi, Benito A. 2014. Comparative study of the mechanical properties of polyester resin with and without

reinforcement with fiber-glass and furcraea cabuya fibers. The Korean Fiber Society

[6] Callister, William D.,JR. 2007. Materials Science and Engineering an Introduction. Eight Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA

[7] Darmansyah. 2010. Evaluasi Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Serat-Resin Berbahan Dasar Nata De Coco dengan Penambah

[9] Diharjo, K., dan Triyono, T., 1999. Buku Pegangan Kuliah Material Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

[10] Dewi, Sari, Karmila. 2016. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat E-Glass ±45-Epoxy Dengan Metode Vacuum Bagging Untuk Aplikasi Pesawat Tanpa Awak. Surabaya. Universitas Airlangga

[11] Gibson, FR. 1994. Principles of Composite Material Mevhanics. International Edition, Mc. Graw-Hill Inc. New York

[12] http://www.justus.co.id/?category/2/yu_kalac_unsaturated_polyster_resin/22/id

[13] Konka, H.P., Wahab, M.A., & Lian, K., 2013, "On Mechanical Properties of Composite Sandwich Structures with Embedded Piezoelectric Fiber Composite Sensors," Journal of Engineering Materials and

