

**ANALISA KEKUATAN KOMPOSIT SANDWICH KARBON FIBER DENGAN CORE STYROFOAM SEBAGAI MATERIAL PADA MODEL PESAWAT TANPA AWAK (UJI TARIK & UJI BENDING)**

**Dadang Setiyawan\*, Sri Mulyo Bondan Respati dan Muhammad Dzulfikar**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang 50236

\*Email: dadangasoyy@gmail.com

**Abstrak**

*Perkembangan teknologi di dunia kedirgantaraan semakin maju. Ketergantungan pada bahan buatan yang semakin tinggi menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang ringan namun tetap kuat tanpa meninggalkan aspek-aspek keselamatan. Perkembangan teknologi komposit makin serius di kembangkan. Salah satunya teknologi komposit dengan material serat inti busa (fiber foam core). Dalam penelitian ini variasi yang digunakan adalah lapisan bagian atas 1 sampai 3 lapisan. Pembuatan material menggunakan metode hand lay-up, spesimen menggunakan standar ASTM D 638 dan ASTM C 393. Pengujian tarik dan bending dengan pengulangan 3 kali. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan Bending tertinggi di dapat pada 3 lapisan atas komposit karbon fiber core styrofoam sebesar 605,38 kg/cm<sup>2</sup> dan untuk pengujian Bending 702,7 kg/cm<sup>2</sup>.*

**Kata kunci:** Komposit Karbon, Uji Bending, Uji Tarik

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia kedirgantaraan semakin maju dan ketergantungan pada bahan buatan yang semakin tinggi menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang ringan namun tetap kuat tanpa meninggalkan aspek-aspek keselamatan untuk terciptanya mutu kehidupan yang lebih baik. Perkembangan teknologi komposit makin serius di kembangkan. Salah satunya teknologi komposit dengan material serat inti busa (*fiber foam core*).

Sifat busa yang ringan merupakan faktor pendukung penggunaan material ini. Salah satu busa yang menjadi objek penelitian adalah busa jenis *polyfoam* atau biasa dikenal dengan *depron*. Secara umum *polyfoam* digunakan untuk tempelan majalah dinding. Sifat busa yang ringan merupakan faktor pendukung penggunaan material ini. Salah satu busa yang menjadi objek penelitian adalah busa jenis *polyfoam* atau biasa dikenal dengan *depron*. Secara umum *polyfoam* digunakan untuk tempelan majalah dinding. *Polyfoam* dapat juga dipakai sebagai salah satu bahan untuk pesawat tanpa awak (Nukhil and Nayak, 2014)

Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Banyak variasi definisi dari komposit *Sandwich*, tetapi faktor utama dari material tersebut adalah *core* yang ringan sehingga memperkecil berat

jenis dari material tersebut serta kekuatan lapisan *skin* yang memberikan kekuatan pada komposit *sandwich* (Wijoyo, 2014).

Serat karbon merupakan salah satu material yang cocok untuk komposisi komposit *sandwich* dengan inti busa di dalamnya. Serat karbon memiliki berat yang ringan serta ketangguhan yang dapat diandalkan. Kekuatan komposit *sandwich* biasanya tergantung pada jumlah lamina dan inti (*core*) pada komposisi komposit tersebut. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik serta kekuatan bahan yang di inginkan. *Core* pada komposit *sandwich* haruslah seringan mungkin untuk mendapatkan berat jenis yang ringan dari komposit *sandwich*. (Wijoyo, 2014)

Komposit *sandwich* untuk dapat digunakan harus diuji kekuatannya dalam pengujian kekuatan ini diperlukan pengujian tarik dan *Bending* (Hariyanto, 2007)

Dari uraian di atas, maka penggunaan *styrofoam* sebagai bahan *core* pada komposit *sandwich* merupakan solusi kreatif untuk mendukung perkembangan teknologi komposit *sandwich* yang ramah lingkungan.

## Pesawat Tanpa Awak

UAV adalah pesawat tanpa awak (tanpa pilot). UAV dikendalikan tanpa awak (*unmanned system*), yaitu sebuah sistem elektromekanik yang dapat melakukan misi-misi

terprogram. Bentuk pesawat tanpa awak dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Pesawat tanpa awak (*unmanned aerial vehicle*)**

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari bahan yang ringan tetapi mempunyai kekuatan yang memenuhi standar pesawat tanpa awak.

## **METODE PENELITIAN**

## Bahan

### - *Styrofoam*

*Styrofoam* atau plastik busa merupakan salah satu jenis plastik dari sekian banyak bahan lainnya. *Styrofoam* lazim digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getaran barang-barang yang *fragile*, seperti elektronik.

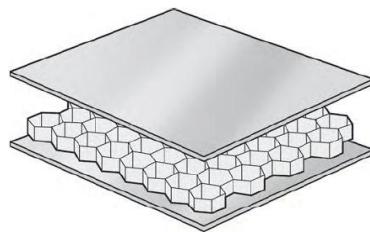
### - Serat Karbon

Secara morfologi serat karbon ada dalam berbagai bentuk, bubuk karbon aktif, pelumas padat karbon seperti gelas hitam yang sangat keras (Surdia dan Saito, 2000: 371). Jenis dan penggunaan karbon sangat luas. Sekarang sudah ada produksi masa dari serat karbon yang elastis dan dengan sifatnya yang ringan bahan ini memberikan harapan pada berbagai penggunaan. Karbon fiber merupakan material komposit yang sangat kuat, ringan, dan mahal. Serat karbon yang digunakan sudah berbentuk lembaran dari serat karbon yang di anyam.

Kedua bahan di atas disusun dibuat komposit *sandwich*.

#### - **Komposit Sandwich**

Komposit adalah material yang terdiri dari dua bahan yang mempunyai perbedaan sifat yang kemudian di gabungkan sehingga memiliki sifat material yang kita inginkan. Komposit *sandwich* adalah material yang terdiri dari 2 material atau lebih yang berupa skin dan *core* pada bagian intinya. Bentuk komposit *sandwich* dapat dilihat pada Gambar 2



**Gambar 2. Komposit Sandwich (Venkata, 2005)**

Pembuatan komposit *sandwich* ini menggunakan *Styrofoam* dan serat karbon ini dilekatkan dengan lem. Setelah melekat dibuat spesimen uji densitas, uji tarik, uji *Bending*.

## **Uji Densitas**

Uji Densitas adalah uji untuk mengetahui berat spesimen dibagi satuan volume (Respati dkk., 2017). Hasil uji densitas ini dipakai untuk memperkirakan seberapa berat jika dijadikan pesawat tanpa awak.

## Gaya Angkat Pada Pesawat

Sayap adalah salah satu komponen pesawat yang menghasilkan sebagian besar gaya angkat. Pada sayap pesawat terbang mempunyai penampang sayap yang disebut dengan *airfoil*. Pergerakan *airfoil* ke depan membelah udara sehingga mengalir di bagian atas dan bawah *airfoil*. Perbedaan kecepatan aliran udara bagian atas dan bawah *airfoil* menimbulkan perbedaan tekanan pada penampang *airfoil* sehingga terjadi gaya angkat (Lennon, 1996). Ilustrasi dari Gaya angkat dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Laju aliran udara pada penampang airfoil**

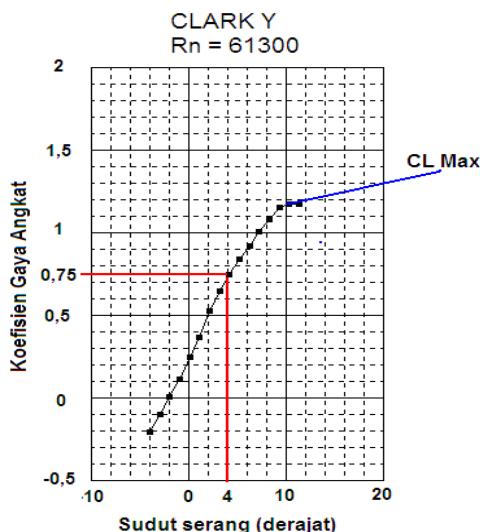
Gaya angkat ini dipengaruhi oleh sudut serang. Pengaruhnya sudut serang terhadap koefisien gaya angkat dapat dilihat pada Gambar 4. Besarnya gaya angkat adalah:

Dimana;

L = Gaya Angkat (N)

$\rho$  = Densitas udara ( $\text{kg/m}^3$ )

CL = Coefisien Lift  
 V = Kecepatan (m/s)  
 A = Luas Sayap ( $m^2$ )



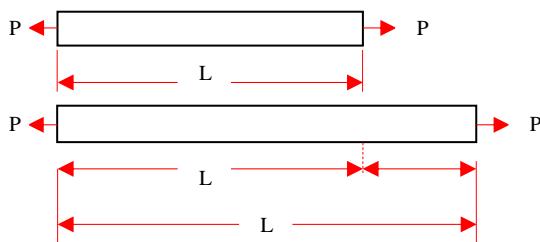
**Gambar 4. Hubungan gaya angkat terhadap sudut serang (Lennon, 1996)**

## Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui pembebanan maksimum material pada saat pengujian tarik (Davis dkk., 1955) ilustrasi penarikan dapat dilihat pada Gambar 4

$$\sigma = \frac{P}{40} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

$$\varepsilon = \frac{A_0}{\Delta L} = \frac{L-L_0}{L_0} \dots \quad (2.3)$$



**Gambar 5.** Benda kerja bertambah panjang  $\Delta L$  ketika diberi beban  $P$  (Irwanto, 2014)

### Pengujian Bending

Untuk mengetahui Tegangan *Bending* suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *Bending* terhadap material komposit tersebut. Sehingga kekuatan *Bending* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2b.t^2} \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

Dimana:  $\sigma_b$  = Tegangan Tekuk (Mpa)  
 $P$  = Beban (N)  
 $L$  = Panjang Span (mm)  
 $b$  = Lebar (mm)  
 $t$  = Tebal (mm)

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian massa menggunakan timbangan digital dengan dimensi panjang x lebar x tinggi adalah 18.7 cm x 18.7 cm x tebal pada masing-masing spesimen yaitu 0,35 cm, 0,38cm, 0,41 cm. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Tabel 1 adalah rata-rata dari volume dan berat.

**Tabel 1. Volume dan Berat Spesimen**

Lapisan	Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa (gram)
1 lapisan	122	122	52,86
2 lapisan	132	133	53,31
3 lapisan	143	143	62,35

Sedangkan untuk berat jenisnya dapat dihitung dari data Tabel 1. Hasil perhitungan berat jenis disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Berat Jenis**

Lapisan	Berat (g/cm <sup>3</sup> )	Jenis
1 lapisan	0,38	
2 lapisan	0,40	
3 lapisan	0,43	

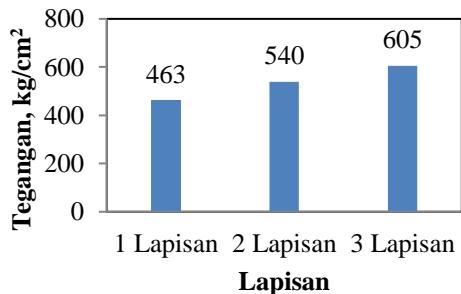
Uji Tarik

Pengujian tarik di lakukan di Laboratorium Pengujian Bahan UNWAHAS. Pada penelitian “Analisa Kekuatan Komposit sandwich Karbon fiber dengan Core Styrofoam Sebagai Material Pada Pesawat tanpa Awak” ini didapatkan data yang diisikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Rata-rata Tegangan Tarik**

Lapisan	Tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	Lo (cm)	ΔL (cm)
1 Lapisan	463	16,55	0,20
2 Lapisan	540	16,65	0,15
3 Lapisan	605	16,60	0,10

Dari Tabel 3 dapat dibuat diagram yang disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik hubungan Tegangan Tarik Terhadap Variasi Lapisan Komposit**

Gambar 7 menunjukkan bahwa Tegangan Tarik terendah di dapat pada spesimen dengan 1 lapisan atas sebesar  $463 \text{ kg/cm}^2$ . Tegangan Tarik semakin tinggi seiring bertambahnya jumlah lapisan atas. Dalam hal ini komposit *sandwich core styrofoam* dengan 1 lapisan sudah bagus sebagai bahan pada model pesawat tanpa awak berdasarkan Tabel 4.3 (Nikhil V., Nayak, 2014). Pemilihan pada 1 lapisan atas juga diperkuat pada penelitian Andri Setiawan (2014) yang meneliti sifat mekanik pada *polymetric composite foam* yang di gunakan pada pesawat UAV (*unmanned aerial vehicle*) dengan tegangan tarik sebesar  $62 \text{ kg/cm}^2$ .

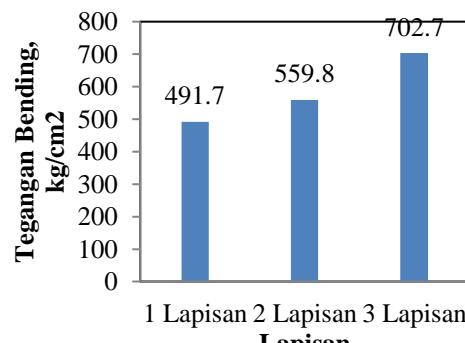
#### **Uji Bending**

Pengujian *Bending* juga di lakukan di Laboratorium Perancangan UNWAHAS. Pengujian di lakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing spesimen. Rata-rata hasil pengujian *Bending* dapat dilihat pada Tabel 4

**Tabel 4. Data Pengujian Bending**

Lapisan	Tegangan Bending (kg/cm <sup>2</sup> )
1 Lapisan	491,7
2 Lapisan	559,8
3 Lapisan	702,7

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa tegangan *Bending* terendah diperoleh pada spesimen dengan 1 lapisan atas yaitu sebesar  $289,5 \text{ kg/cm}^2$ . Semakin banyak jumlah lapisan semakin tinggi nilai tegangan *Bending*. Pada Pesawat Tanpa awak dengan bentang sayap 3-4 meter rata-rata mampu terbang pada kecepatan 80 Km/jam dan memiliki gaya angkat kurang lebih sebesar 29 kg.



**Gambar 8. Grafik Hubungan Tegangan Bending Terhadap Jumlah Lapisan Atas**

Gaya angkat diperoleh dari perhitungan *Lift* pada sayap pesawat dengan rumus sebagai berikut: (Lennon, 1996)

$$L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A \cdot CL$$

Dengan Asumsi:

- Airfoil = Clark Y  
Airfoil
- Sudut Serang =  $4^0$  ( CL = 0,75)
- Ketinggian = 0 feet terhadap permukaan air laut ( $\sigma = 1$ )
- Kecepatan = 22 m/s
- Luas Sayap =  $1,6 \text{ m}^2$

Sehingga dapat di cari besaran gaya angkat (*Lift*) sebagai berikut:

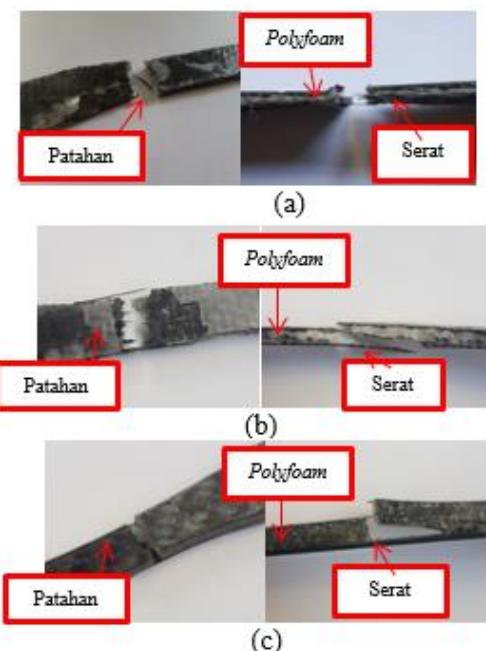
$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} \times 1 \times 22^2 \times 1.6 \times 0.75 \\ &= 290 \text{ N} \\ &= 29 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan gaya angkat 29 kg maka diperkirakan 1 lapisan masih dapat mengangkat pesawat tanpa awak.

#### **Foto makro**

Foto makro yang disajikan adalah foto hasil patahan uji tarik. Lebih jelasnya disajikan pada Gambar 9. Pada foto makro yang di lakukan, ada perbedaan patahan antara ketiga spesimen yaitu pada spesimen 1 lapisan memiliki patahan yang sama pada lapisan atas dan bawah. Kemudian pada 2 lapisan atas dan 3 lapisan atas memiliki karakteristik patahan di mulai dari 1 lapisan bawah kemudian patahan disusul 2 lapisan atas dan 3 lapisan atas. Hal ini menunjukkan adanya

perbedaan kekuatan antara lapisan bawah dan lapisan atas karena adanya variabel lapisan atas pada spesimen uji. Dan pada keseluruhan spesimen uji mengalami jenis patahan getas.



Gambar 9. Patahan 3 Lapisan Atas

## PEMILIHAN BAHAN

Dalam pemilihan bahan pesawat tanpa awak ada beberapa kriteria bahan yang perlu diperhatikan. Kriteria bahan itu adalah efisiensi kekuatan statis (perbandingan kekuatan terhadap berat), serta biaya produksi material tersebut. Pemilihan bahan berdasar dari data-data pengujian Densitas, Uji Tarik, Uji *Bending*. Dalam hal ini spesimen dengan 1 lapisan atas menjadi pilihan karena memiliki berat yang paling ringan di antara 3 spesimen uji dan memiliki kekuatan yang memenuhi standar untuk Model Pesawat Tanpa Awak dengan bentang sayap 3-4 meter. Selain itu biaya pembuatan yang lebih murah pada spesimen 1 lapisan atas dibanding spesimen 2 lapisan atas dan 3 lapisan atas.

## KESIMPULAN

1. Massa jenis pada komposit karbon *sandwich core styrofoam* 1 lapisan atas, 2 lapisan atas, 3 lapisan atas secara berturut-turut  $0,38 \text{ g/cm}^2$ ,  $0,40 \text{ g/cm}^2$ ,  $0,43 \text{ g/cm}^2$ . Berat untuk body pesawat dengan bentang sayap 3 meter sebesar 1010 gram.
2. Pada pengujian tarik, nilai kekuatan tarik yang didapat dalam komposit karbon *sandwich core styrofoam* 1 lapisan atas, 2 lapisan atas,

3 lapisan atas secara berurutan sebesar  $463 \text{ kg/cm}^2$ ,  $540 \text{ kg/cm}^2$ ,  $605 \text{ kg/cm}^2$ . Sedangkan pada pengujian *Bending* nilai tegangan *Bending* yang didapat secara berurutan sebesar  $289 \text{ kg/cm}^2$ ,  $330 \text{ kg/cm}^2$ ,  $393 \text{ kg/cm}^2$ .

3. Dari foto makro disimpulkan bahwa ketiga spesimen mengalami patah getas namun memiliki perbedaan karakter patahan antar spesimen uji dikarenakan tidak imbangnya antara lapisan bawah dan lapisan atas.
4. Dari penelitian di atas untuk pemilihan bahan jatuh pada spesimen dengan 1 lapisan atas pada komposit karbon *fiber core styrofoam* yaitu dengan densitas  $0,38 \text{ g/cm}^2$  dengan kekuatan tarik  $463 \text{ kg/cm}^2$  dan kekuatan *Bending* sebesar  $289 \text{ kg/cm}^2$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, "Annual Book of ASTM Standard", West Conshohocken,.
- Lennon, A., 1996. Basic of R/C Model Aircraft Desight. USA: Air Age Media Inc.
- Davis, Harmer E., Troxell, George Earl, Wiskocil, Clement T.. 1955. *The testing and inspection of engineering material*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Hariyanto, A., 2007, Peningkatan Ketahanan *Bending* Komposit Hibrid Sandwich Serat Kenaf dan Serat Gelas Ber matrik Polyester Dengan Core Kayu Sengon Laut, *Media Mesin*, Vol.8 No.1, pp. 1 – 9
- Irwanto, Respati, S. M. B., Purwanto, H., 2014, Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Komposit Berpenguat Serat Alam Sebagai Bahan Alternative Pengganti Serat Kaca Untuk Pembuatan Dashboard, *Jurnal Ilmiah Momentum* Vol 10, No 2, hal 42-47
- Respati, S. M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Suprapto, W., Saputra, W. B., Purwanto, H., 2017, Capillary velocity of natural zeolite porous ceramic in different sintering temperatures, *MM Science Journal*, Issue: June, pp. 1803-1805
- Nukhil V., Nayak, 2014, *Composite Material in Aerospace Applications*, Internasional Journal of Scientific and Research Publication, Vol. 3, Issue 9, ISSN 2250-3153.
- Wijoyo, Achmad N., 2014, Kajian Komprehensif Kekuatan *Bending* Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester Dengan Core Gedebog Pohon Pisang, *Jurnal Teknologi*, Vol. 7, No. 4, Hal 128-123.