

PROSIDING SEMINAR NASIONAL RISET TEKNOLOGI TERAPAN: 2021.  
e-ISSN:2747-1217

**STUDI SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SANDWICH DIVINYCELL FOAM DENGAN  
METODE VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION (VARI) UNTUK FLOAT PESAWAT  
AMFIBI**

Nurul Lailatul M<sup>1</sup>, Taufiq Satrio Nurtiasto<sup>1</sup>, Rezky Agung Pratomo<sup>1</sup>, Afid Nugroho<sup>1</sup>, Anis  
Mutiara Balqis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN, Jl. Raya LAPAN Rumpin, Sukamulya, Rumpin, Bogor,  
Jawa Barat, 16350

<sup>2</sup> Institut Teknologi Sumatera, JL. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, 35365

<sup>1</sup>[nurul.lailatul@lapan.go.id](mailto:nurul.lailatul@lapan.go.id)

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit *sandwich* dengan jumlah layer-core-layer; 4:1:2. Perbandingan yang digunakan antara serat dan resin adalah 60%:40% dengan massa akhir komposit *core* dan serat 65,35%, dan resin 34,65%. Bahan pembuatan komposit yang digunakan adalah serat karbon UT20-70G dengan resin vinil ester dan katalis 0,6%. Pembuatan komposit *sandwich* menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI) dengan lama vakum 60 menit. Pengujian yang dilakukan adalah *flatwise compressive* sesuai standar ASTM C 365, pengujian *edgewise compressive* sesuai standar ASTM C 364, dan pengujian *flexural three point bending* sesuai standar ASTM C 393. Kemudian sebagian spesimen diberikan perlakuan *post curing* selama 60 menit pada temperatur 75°C. Hasil pengujian *flatwise compressive*, *edgewise compressive*, dan *flexural three point bending* pada spesimen *non-curing* menghasilkan data rata-rata kuat tekan maksimum masing-masing 8,21 MPa, 9,36 MPa, dan 24,82 MPa. Hasil pengujian *flatwise compressive*, *edgewise compressive*, dan *flexural three point bending* pada spesimen *post-curing* menghasilkan data rata-rata kuat tekan maksimum masing-masing 7,49 MPa, 9,33 MPa, dan 25,16 MPa

**Kata kunci** : komposit *sandwich*, serat karbon, *divinyl cell foam*, sifat mekanik, *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI),

**ABSTRACT**

*This study aims to determine the mechanical properties of the sandwich composite with the number of layer-core-layer; 4: 1: 2. The ratio used between fiber and resin is 60%: 40% with the final mass of the core composite and fiber 65.35%, and resin 34.65%. The composite material used is UT20-70G carbon fiber with vinyl ester resin and 0.6% catalyst. The composite sandwich was made using the Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) method with a vacuum time of 60 minutes. The tests performed were flatwise compressive according to ASTM C 365 standard, edgewise compressive test according to ASTM C 364 standard, and three point bending flexural test according to ASTM C 393 standard. Then some of the specimens were given post curing*

treatment for 60 minutes at 75°C temperature. The test results of flatwise compressive, edgewise compressive, and flexural three point bending on non-curing specimens yielded average maximum compressive strength data of 8.21 MPa, 9.36 MPa, and 24.82 MPa, respectively. The results of flatwise compressive, edgewise compressive, and flexural three point bending test results on post-curing specimens yielded average maximum compressive strength data of 7.49 MPa, 9.33 MPa, and 25.16 MPa, respectively.

**Keyword:** sandwich composite, carbon fiber, divinyl cell foam, mechanical properties, Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI),

## PENDAHULUAN

Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun sifat fisiknya [1]. Dari paduan bahan tersebut akan didapatkan material komposit *sandwich* yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya [2].

Komposit terdiri dari matriks yang berfungsi sebagai perekat atau pengikat dan penguat (*reinforcement*) [3]. Komposit *sandwich* tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *face skin* yang biasa terdiri dari *sheet metal* atau lapisan laminat komposit sebagai kulit permukaan serta material inti (*core*) di bagian tengahnya.

Pada penelitian ini menggunakan material serat karbon toray UT20-70G [4] dan *core* yang digunakan yaitu *divinylcell foam core*. Komposit *sandwich* merupakan komposit yang terdiri dari kulit komposit yang memiliki modulus elastisitas tinggi dan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat, ringan [5]. Pada saat ini panel komposit *sandwich* banyak digunakan dalam pembuatan pesawat terbang [6].

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan seperti sifat mekanik dan fisik yang baik, *reliability* (kepercayaan), tahan korosi dan biaya. Dalam industri dirgantara terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang dibuat dari logam dengan komposit karena telah terbukti komposit mempunyai ketahanan terhadap *fatigue* yang

baik terutama komposit yang menggunakan serat karbon. Bahan komposit mempunyai beberapa kekurangan seperti: tidak tahan terhadap *shock* (kejut) dan *crash* (tabrak) dibandingkan dengan metal, kurang elastis, serta lebih sulit dibentuk secara plastis [7].

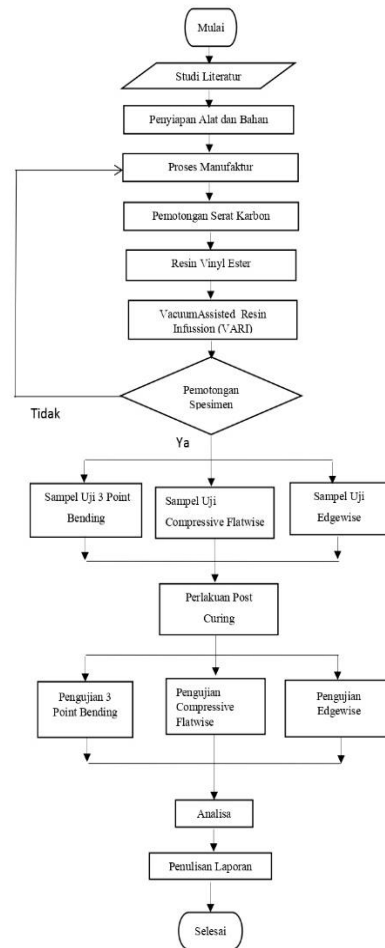
Pada penelitian ini menggunakan perlakuan *post curing* yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat yang dimiliki oleh komposit *sandwich*. Proses *post curing* dilakukan dengan memanaskan spesimen yang akan diuji pada temperatur tertentu. Temperatur yang diberikan tidak boleh melebihi *glass transition temperature* ( $T_g$ ), karena jika melebihi temperatur tersebut akan menyebabkan spesimen yang akan diuji menjadi ulet dan jika temperatur tersebut ditingkatkan, maka spesimen menjadi leleh [8]. *Post curing* memainkan peran utama dalam pengujian sifat mekanik akhir dan ketahanan bahan kimia, keadaan resin polimer yang cair sebelum fabrikasi *komposit sandwich* yang kemudian berubah menjadi padatan [6]. Perlakuan *post curing* pada penelitian ini dilakukan selama 60 menit dengan temperatur 75°C. *Divinyl cell foam core* dapat bertahan dikondisi temperatur kontinyu dengan suhu 70°C, sedangkan untuk temperatur luar sebesar 85°C [9], [10].

Penelitian ini dilakukan dalam rangka pengembangan material *float* yang akan digunakan pada pesawat amfibi. Pesawat amfibi merupakan salah satu program strategis pemerintah yang dikembangkan oleh beberapa instansi seperti LAPAN, PT. DI, dan BPPT. Pesawat amfibi adalah pesawat yang bisa melakukan *take-off* dan *landing* di darat maupun di perairan. Ada 2 jenis pesawat amfibi yaitu *flying boat* dan *seaplane/floatplane*. *Flying boat* merupakan pesawat amfibi yang mengambang di

permukaan air menggunakan *fuselage* atau lambung pesawat. *Seaplane/floatplane* merupakan pesawat amfibi yang mengambang di permukaan air menggunakan komponen tambahan yang sering disebut sebagai *float* yang berguna untuk memberikan daya apung saat pesawat berada di air [11]. Pembuatan *float* amfibi selama ini menggunakan bahan aluminium. Aluminium mempunyai kekurangan yaitu densitas yang lebih besar daripada komposit karbon yaitu sebesar  $2.7 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan komposit karbon sebesar  $1.348 \text{ g/cm}^3$ .

## METODE

Metode uji yang digunakan yaitu *flatwise compressive* dan *edgewise compressive* mengacu pada standar ASTM C364 dan ASTM C365 untuk mengetahui kekuatan tekan serat dan *core* dari material komposit *sandwich* [12], [13]. Uji *flexural three point bending* mengacu pada standar ASTM C393 untuk mengetahui kekuatan tegangan geser *core* dan modulus *flexural* [14]. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Tensilone* (UTM) Tensilone RTF-2410. Adapun prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir tahapan penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai *ultimate compressive strength*, *core shear stress* dan *facing bending stress* dari komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* dibuat menggunakan material serat karbon untuk *face skin*, *divinyl cell foam* untuk *core* dan resin vinil ester sebagai matriks. Resin vinil ester terdiri dari massa 98% resin vinil ester, 1,7% *hardener/katalis*, dan 0,3% kobalt. Metode yang digunakan dalam membuat komposit *sandwich* serat karbon/*divinyl cell foam* adalah dengan menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI), proses pembuatan komposit *sandwich* serat karbon/*divinyl cell foam* dengan menggunakan VARI ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI)

*Vacuum assisted resin infusion* merupakan penggabungan dari metode *vacuum bag molding* dengan *resin infusion molding*. Metode *vacuum bag* termasuk dalam proses cetakan terbuka. Tujuan dan kelebihan dari penggunaan metode ini adalah mengurangi kemungkinan udara yang terperangkap dalam komposit dan penggunaan resin yang lebih efektif. Metode ini juga seringkali disebut sebagai penyempurnaan dari metode *hand lay-up*. Resin *infusion* termasuk ke dalam proses cetakan tertutup dalam pembuatan komposit.

Dalam metode ini penguat atau serat disusun sesuai dengan kebutuhan tanpa resin lalu dibungkus dengan plastik yang berfungsi sebagai pembungkus untuk memberikan udara vakum pada serat dengan bantuan poMPa. Ketika udara dalam plastik sudah benar-benar vakum maka resin akan dialirkan dengan tekanan vakum. Resin secara otomatis akan mengalir dan mengisi seluruh bagian dari serat, setelah itu resin dibiarkan mengering. Keuntungan dari metode ini adalah dapat memproduksi bagian-bagian dengan kekuatan yang lebih baik, dan kualitas penampilan produk yang lebih rapi. Keuntungan dari metode ini adalah dapat memberikan penggunaan resin yang lebih efisien karena dapat memberikan rasio perbandingan resin dan serat yang baik serta menghasilkan komposit yang lebih kuat tetapi lebih ringan [3].

Untuk mengukur ketebalan menggunakan alat ukur mikrometer atau kaliper dengan mengukur setidaknya tiga titik pada masing-masing spesimen. Sedangkan untuk menentukan nilai dari *ultimate compressive strenght*, *core shear stress* dan *facing bending stress* perhitungannya adalah dengan cara sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{Pmax}{[w(2tfs)]} \quad (1)$$

Dimana :

$\sigma$  = *ultimate flatwise/edgewise compressive strenght* (MPa)

$Pmax$  = *ultimate force prior or failure* (N)

$w$  = *width of specimen* (mm)

$tfs$  = *thickness of a single facesheet* (mm)

$$\tau = \frac{Pmax}{(d+c)b} \quad (2)$$

Dimana :

$\tau$  = *core shear stress* (MPa)

$Pmax$  = *load* (N)

$d$  = *sandwich thickness* (mm)

$c$  = *core thickness* (mm)

$b$  = *sandwich width* (mm)

$$\sigma = \frac{P \times L}{2t(d+c)b} \quad (3)$$

Dimana :

$\sigma$  = *facing bending stress* (MPa)

$t$  = *facing thickness* (mm)

$L$  = *span lenght* (mm)

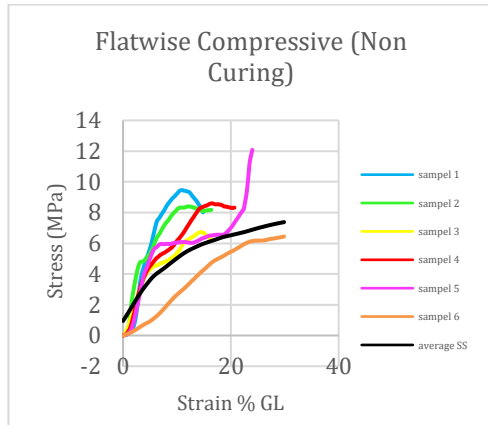
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dapat dilihat seperti tabel dan grafik di bawah ini.

**Tabel 1.** Data pengujian *flatwise compressive* spesimen *non curing* komposit *sandwich*

No.	Maksimum kekuatan tekan inti (Mpa)	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Modulus elastisitas (Mpa)	Kekuatan tekan akhir (Mpa)
1.	9,45	3218,1	38,33	57,48
2.	8,40	2983,2	56,08	47,19
3.	6,72	2420,2	60,22	37,19
4.	8,59	3013,6	48,04	52,50
5.	7,40	2070,3	60,08	37,62
6.	8,75	2986,5	19,39	49,56
<b>rata rata</b>	<b>8,21</b>	<b>2781,98</b>	<b>47,02</b>	<b>46,92</b>

Adapun dari tabel 1 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



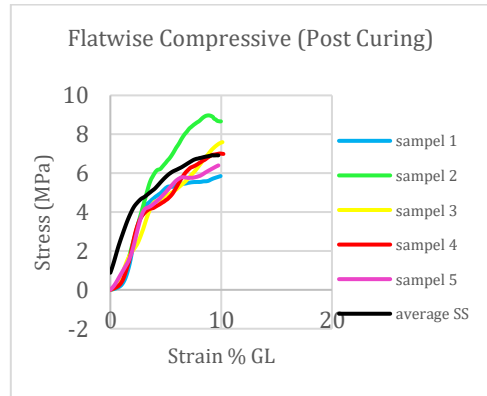
**Gambar 1.** Kurva *stress/strain non curing*

Pada Gambar 1 menunjukkan puncak sebagai nilai dari beban maksimum yang dapat dihasilkan oleh material komposit *sandwich* sebelum mengalami kegagalan uji/ kerusakan pada panel komposit *sandwich*. Disetiap kenaikan beban yang diberikan terhadap panel komposit *sandwich* akan terjadi perubahan panjang per menitnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 1. dari hasil pengujian dan perhitungan spesimen uji komposit *sandwich* specimen *non curing* memiliki masing-masing nilai dari maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, maksimum kekuatan beban inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan kekuatan tekan akhir rata-rata sebesar 8,21 MPa, 2781,98 N, 47,02 MPa dan 46,92 MPa. Nilai maksimum kekuatan tekan dan kekuatan tekan akhir tertinggi adalah 9,45 MPa dan 57,48 MPa pada spesimen 1.

**Tabel 2.** Data pengujian *flatwise compressive* spesimen *post curing* komposit *sandwich*

No.	Maksimum kekuatan tekan inti (MPa)	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Modulus elastisitas (MPa)	Kekuatan tekan akhir (MPa)
1.	6,95	2448,7	56,67	43,62
2.	8,97	3042,1	67,65	61,48
3.	7,98	2771,9	68,56	46,50
4.	7,01	2567,9	53,18	36,92
5.	6,56	2404,4	74,30	37,45
<b>rata rata</b>	<b>7,49</b>	<b>2647</b>	<b>64,07</b>	<b>45,19</b>

Adapun dari tabel 2 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



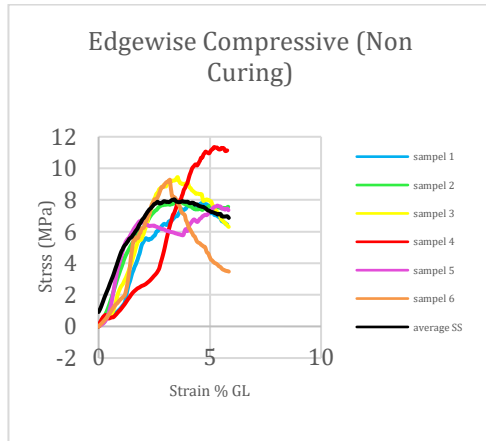
**Gambar 2.** Kurva *stress/strain post curing*

Pada Gambar 2. menunjukkan puncak sebagai nilai dari beban maksimum yang dapat dihasilkan oleh material komposit *sandwich* sebelum mengalami kegagalan uji/ kerusakan pada panel komposit *sandwich*. Disetiap kenaikan beban yang diberikan terhadap panel komposit *sandwich* akan terjadi perubahan panjang per menitnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 2. dari hasil pengujian dan perhitungan spesimen uji komposit *sandwich* dengan *post curing* memiliki masing-masing nilai dari maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, maksimum kekuatan beban inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan kekuatan tekan akhir rata-rata sebesar 7,49 MPa, 2647 N, 64,07 MPa dan 45,19 MPa. Nilai maksimum kekuatan tekan dan kekuatan tekan akhir tertinggi adalah 8,97 MPa dan 61,48 MPa pada spesimen 2.

**Tabel 3.** Data pengujian *edgewise compressive* spesimen *non curing* komposit *sandwich*

No.	Maksimum kekuatan tekan inti (Mpa)	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Modulus elastisitas (Mpa)	Kekuatan tekan akhir (Mpa)
1.	8,75	3098,7	188,83	52,55
2.	11,39	3976,5	609,81	65,81
3.	7,92	2803,3	164,91	48,83
4.	11,44	4096,4	116	75,29
5.	7,33	2714,6	191,48	36,90
<b>rata rata</b>	<b>9,36</b>	<b>3337,9</b>	<b>254,20</b>	<b>55,87</b>

Adapun dari tabel 3 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



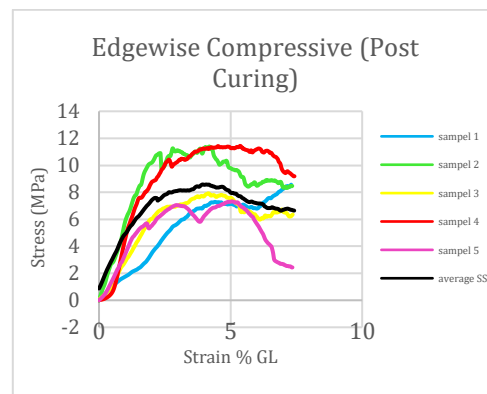
**Gambar 3.** Kurva *stress/strain non curing*

Pada Gambar 3. menunjukkan puncak sebagai nilai dari beban maksimum yang dapat dihasilkan oleh material komposit *sandwich* sebelum mengalami kegagalan uji/ kerusakan pada panel komposit *sandwich*. Disetiap kenaikan beban yang diberikan terhadap panel komposit *sandwich* akan terjadi perubahan panjang per menitnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 3. dari hasil pengujian dan perhitungan spesimen uji komposit *sandwich* dengan *post curing* memiliki masing-masing nilai dari maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, maksimum kekuatan beban inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan kekuatan tekan akhir rata-rata sebesar 9,33 MPa, 323876 N, 207,20 MPa dan 57,59 MPa. Nilai maksimum kekuatan tekan dan kekuatan tekan akhir tertinggi adalah 11,35 MPa dan 62,89 MPa pada spesimen 4.

**Tabel 4.** Data pengujian *edgewise compressive* spesimen *post curing* komposit *sandwich*

Test No	Maksimum kekuatan tekan inti (Mpa)	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Modulus elastisitas (Mpa)	Kekuatan tekan akhir (Mpa)
1	9,31	3232,6	248,42	58,42
2	8,98	3141,1	207,49	58,00
3	9,44	3285,6	145,94	56,17
4	11,35	3959,3	353,59	62,98
5	7,64	2644,1	136,51	46,06
6	9,28	3169,9	151,28	63,95
<b>rata rata</b>	<b>9,33</b>	<b>3238,76</b>	<b>207,20</b>	<b>57,59</b>

Adapun dari tabel 4 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



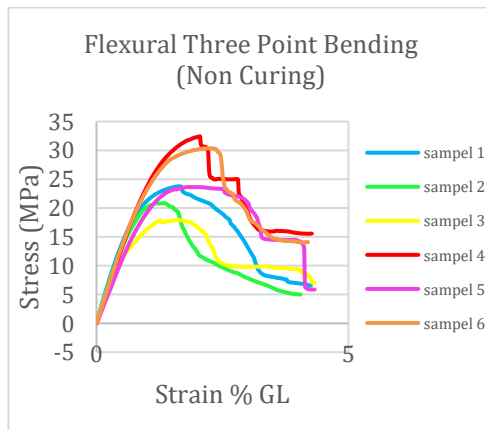
**Gambar 4.** Kurva *stress/strain post curing*

Pada Gambar 4. menunjukkan puncak sebagai nilai dari beban maksimum yang dapat dihasilkan oleh material komposit *sandwich* sebelum mengalami kegagalan uji/ kerusakan pada panel komposit *sandwich*. Disetiap kenaikan beban yang diberikan terhadap panel komposit *sandwich* akan terjadi perubahan panjang per menitnya. Seperti yang terlihat pada Tabel 4. dari hasil pengujian dan perhitungan spesimen uji komposit *sandwich* dengan *post curing* memiliki masing-masing nilai dari maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, maksimum kekuatan beban inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata dan kekuatan tekan akhir rata-rata sebesar 9,36 MPa, 3337,9 N, 254,20 MPa dan 55,87 MPa. Nilai maksimum kekuatan tekan dan kekuatan tekan akhir tertinggi adalah 11,44 MPa dan 75,29 MPa pada spesimen 4.

**Tabel 5.** Data pengujian *flexural three point bending* spesimen *non curing* komposit sandwich

No	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Maksimum kekuatan tekan inti (Mpa)	Modulus elastis (Mpa)	Core Shear Stress (Mpa)	Facing bending stress (Mpa)
1	595,31	23,766	3297,2	0,96	58,56
2	532,93	20,853	3022,8	0,83	52,92
3	476,51	17,926	3035	0,74	40,56
4	834,13	32,413	2118,3	1,31	79,49
5	659,49	23,641	1989,4	1,00	49,64
6	804,12	30,357	2619,8	1,27	66,23
<b>rata rata</b>	<b>650,41</b>	<b>24,82</b>	<b>2680,41</b>	<b>1,01</b>	<b>57,9</b>

Adapun dari tabel 5 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



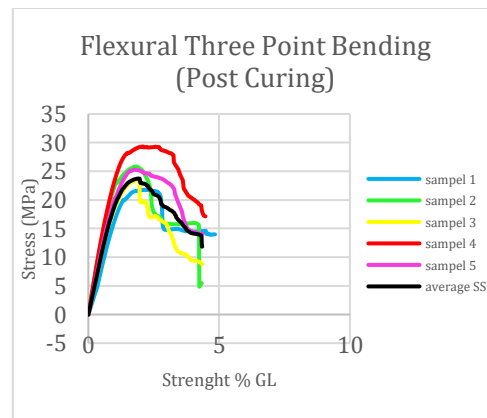
**Gambar 5.** Kurva *stress/strain non curing*

Nilai dari *core shear stress* dan *facing bending stress* diperoleh nilai masing-masing dari maksimum kekuatan beban inti rata-rata, maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata, *core shear stress* rata-rata dan *facing bending stress* rata-rata sebesar 650,41 N, 24,82 MPa, 2680,41 MPa, 1,01 MPa dan 57,9 MPa. Nilai *core shear stress* dan *facing bending stress* tertinggi adalah 1,31 MPa dan 79,49 MPa pada spesimen 4 seperti yang tertera pada Tabel 5.

**Tabel 6.** Data pengujian *flexural three point bending* spesimen *post curing* komposit sandwich

No	Maksimum kekuatan beban inti (N)	Maksimum kekuatan tekan inti (Mpa)	Modulus elastisitas (MPa)	Core shear stress (Mpa)	Facing bending stress (Mpa)
1	614,15	21,79	1418	0,95	42,69
2	632,88	25,83	2423,8	1,05	61,60
3	627,64	23,60	2324,7	0,99	52,12
4	754,48	29,32	2876,6	1,19	71,57
5	707,72	25,28	2001,9	1,07	54,09
<b>rata rata</b>	<b>667,37</b>	<b>25,16</b>	<b>2209</b>	<b>1,05</b>	<b>56,41</b>

Adapun dari tabel 6 diatas didapatkan kurva *stress/strain* sebagai berikut.



**Gambar 6.** Kurva *stress/strain post curing*

Berdasarkan standar pengujian ASTM C393, uji *flexural three point bending* bertujuan untuk menghitung nilai dari *core shear stress* dan *facing bending stress* diperoleh nilai masing-masing dari maksimum kekuatan beban inti rata-rata, maksimum kekuatan tekan inti rata-rata, modulus elastisitas rata-rata, *core shear stress* rata-rata dan *facing bending stress* rata-rata sebesar 667,37 N, 25,16 MPa, 2209 MPa, 1,05 MPa dan 56,41 MPa. Nilai *core shear stress* dan *facing bending stress* tertinggi adalah 1,19 MPa dan 71,57 MPa pada spesimen 4 seperti yang tertera pada Tabel 5.

## SIMPULAN

Telah dilakukan pembuatan komposit *sandwich* untuk pengembangan float pesawat amfibi dengan jumlah *layer-core-layer*; 4:1:2. Masing-masing spesimen telah dilakukan pengujian *non curing* dan *post curing* selama 60 menit, pada temperatur 75°C. Kemudian dilakukan pengujian *flatwise compressive*, *edgewise compressive*, dan *flexural three point bending*.

Nilai rata-rata *non curing* dan *post curing* dari pengujian *flatwise*, *edgewise*, *flexural three point bending* berturut-turut adalah sebagai berikut. nilai rata-rata *post curing flatwise compressive* sebesar 7,49 MPa, nilai *edgewise compressive* sebesar 9,36 MPa, nilai *flexural three point bending* sebesar 25,16 MPa. Nilai rata-rata *non curing* dan dari pengujian *flatwise compressive* sebesar 8,11 MPa, nilai *edgewise compressive* sebesar 9,34 MPa, *flexural three point bending* sebesar 23,71 MPa.

Hasil penelitian yang dilakukan pada komposit *sandwich* 4C2 dengan nilai *flatwise compressive ultimate strenght post curing* lebih tinggi dibandingkan *non curing* yaitu 61,48 MPa. Dan nilai *edgewise compressive ultimate strenght post curing* juga lebih tinggi dibandingkan *non curing* yaitu 75,29 MPa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. D. Callister, "Materials science and engineering: An introduction (2nd edition)," *Mater. Des.*, vol. 12, no. 1, p. 59, 1991, doi: 10.1016/0261-3069(91)90101-9.
- [2] R. Nugraha, W. Wijanarko, and P. Suwarta, "Analisa Karakteristik Bending Komposit Sandwich Dengan Variasi Ketebalan Inti ( core ) Epoxy," pp. 1–6, 2010.
- [3] A. Prayoga, B. Eryawanto, and Q. Hadi, "PENGARUH KETEBALAN SKIN TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN TARIK KOMPOSIT SANDWICH DENGAN hONEYCOMB POLYPROPYLENE SEBAGAI CORE," *J. Tek. Mesin*, vol. 18, no. 1, pp. 23–28, 2018.
- [4] R. Technology, S. Bridge, and B. Division, "Torayca ® cloth," no. December, 1999.
- [5] A. D. Catur, P. D.S., S. Sinarep, and N. Prayitno, "Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat BambuFiberglass Dengan Core Polyurethane Rigid Foam," *Rekayasa Mesin*, vol. 5, no. 1, p. pp.51-57, 2014, doi: 10.21776/ub.jrm.
- [6] P. P. Maung, O. Tatarnikov, and G. Malysheva, "Optimization of the curing process of a sandwich panel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 153, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/153/1/012002.
- [7] N. Nayiroh, "Teknologi Material Komposit," *Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*, 2013.
- [8] P. S. W. R. W. W. S. Indra Sidharta, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume, Temperatur, Waktu Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Tekan Komposit Polyester - Hollow Glass Microspheres," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 156–158, 2017.
- [9] H. Performance, I. P. N. Core, C. Astm, and C. Astm, "Divinycell H."
- [10] R. S. Ostwal, A. V. Sawant, A. A. Dumre, A. R. Takalkar, M. Ramya, and K. Padmanabhan, "Influence of post curing on the flexural properties of a rigid polyurethane or polyisocynurate foam-



glass/epoxy face sheet sandwich composite,”  
*Int. J. ChemTech Res.*, vol. 6, no. 6 SPEC.  
ISS., pp. 3339–3342, 2014.

[11] A. Nurrohmah, “Pemanfaatan Pesawat Amfibi untuk Mendukung Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia,” vol. 13, no. 2, pp. 18–22, 2018.

[12] S. T. Method, “Standard Test Method for Edgewise Compressive Strength of Sandwich,” no. April, pp. 1–8, 2007.

[13] C. Materials, “Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores 1,” *Current*, vol. i, pp. 2–4, 2003, doi: 10.1520/C0365.

[14] A. Drews, “Standard Test Method for,” *Man. Hydrocarb. Anal. 6th Ed.*, pp. 545-545–3, 2008, doi: 10.1520/mnl10913m.