



ANALISA HASIL PENGUJIAN BENDING DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT SANDWICH DENGAN PENGUAT SKIN CARBON CORE SERAT ALAM

Risqi Wahyu Wijaya^{1*)}, Wawan Trisnadi Putra¹, Muhammad Malyadi¹, Yoyok Winardi¹

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No. 10 Ponorogo, 63471
e-mail: risqi.wahyu.wijaya@gmail.com

ABSTRAK

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuk yang diproduksi dengan proses pencampuran. Keunggulan dari material komposit ini adalah *strength to weight ratio* yang tinggi, kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibandingkan dengan logam. Pada penelitian ini jenis serat yang digunakan untuk lapisan *skin* adalah serat *carbon fiber*, Serat nanas dan serat pisang sebagai *core*, dan resin *epoxy* sebagai *matriks*. Dengan metode yang digunakan pada proses pembuatan spesimen menggunakan *Hand Lay Up* (HLU) merupakan laminasi secara manual. Dilanjutkn dengan pengujian *bending* dan struktur mikro. Hasil uji bending memperoleh hasil Komposit *sandwich* serat *carbon* dengan *core* campuran serat nanas dan pisang yang diproses *post-curing* 90°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata kekuatan *bending* tertinggi sebesar 113,67 Mpa dan komposit *sandwich* serat karbon dengan *core* serat nanas yang diproses *post-curing* 80°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata kekuatan *bending* terendah sebesar 86,44 Mpa. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwasannya meningkatnya penggunaan temperature pada saat proses *post-curing* dan bertambahnya perpaduan serat yang digunakan maka akan membuat meningkatkan kekuatan bending komposit. Setelah dilakukannya pengujian struktur mikro dapat dilihat semakin tinggi perlakuan panas yang dilakukan maka rongga yang ada pada setiap spesimen akan semakin sedikit keterikatan resin terhadap serat semakin baik.

Kata Kunci: Komposit *Sandwich*, *Skin Carbon*, *Core*, Serat Alam, Uji *Bending*, Struktur Mikro

ABSTRACT

Composite is a material formed from a combination of two or more forming materials produced by a mixing process. The advantages of this composite material are its high strength to weight ratio, high strength, toughness, and corrosion resistance compared to metals. In this study, the types of fiber used for the skin layer were carbon fiber, pineapple fiber and banana fiber as the core, and epoxy resin as the matrix. The method used in the process of making specimens using Hand Lay Up (HLU) is manual lamination. Followed by bending and microstructure testing. The results of the bending test obtained the results of a carbon fiber sandwich composite with a mixture of pineapple and banana fiber cores which were post-cured at 90°C for 5 hours to get the highest average bending strength of 113.67 Mpa and a carbon fiber sandwich composite with post-processed pineapple fiber cores. - curing 80°C for 5 hours to get the lowest average bending strength of 86.44 Mpa. From the results of this study it can be concluded that increasing the use of temperature during the post-curing process and increasing the fiber composition used will increase the bending strength of the composite. After the micro test it can be seen that the higher the heat treatment is carried out, the voids in each specimen will be less and less the bonding of the resin to the fiber will increase.

Keywords: *Sandwich Composite*, *Carbon Skin*, *Core*, *Natural Fiber*, *Bending Test*, *Microstructure*

1. Pendahuluan

Penggunaan material limbah alam yang jarang digunakan merupakan salah satu contoh pesatnya perkembangan penggunaan material komposit di dunia

industri. Saat ini penelitian tentang bahan komposit berbasis limbah alam masih kurang, maka dari itu diperlukan pelaksanaan penelitian mengenai kelangsungan hidup mereka. Komposit ialah bahan yang dibuat dengan mencampurkan dua ataupun lebih bahan

yang membentuk bahan. Dibandingkan dengan logam, material komposit ini menawarkan keunggulan dalam hal ketangguhan, kekuatan, dan ketahanan korosi yang tinggi [1]. Komposit *sandwich* ialah salah satu model struktur yang terbuat dari bahan komposit yang bisa diperkembangkan. Komposit *sandwich* terbagi menjadi dua *flat* komposit (*skin*) dan *core*. Serat alami seperti serat pisang dan nanas dapat digunakan untuk membuat *core*. Struktur *sandwich* dapat memiliki kulit yang terbuat dari berbagai bahan, termasuk aluminium, baja, titanium, dan pelat komposit polimer. Ketebalan kulit dan inti, serta sifat mekanik kulit dan inti berpengaruh pada kekuatan struktur *sandwich*.

Tinjauan Pustaka

Bahan komposit yang dikenal sebagai *Sandwich* Komposit terdiri dari dua *skin* dan *core* di antaranya. Komposit *sandwich* didesain agar memiliki kekuatan dan kekakuan yang baik dalam struktur yang ringan. Biasanya, komposit *sandwich* dipilih karena bobotnya yang ringan, ketahanan terhadap panas dan korosi, dan harganya yang terjangkau.[2] yakni rancangan dari komposit *sandwich* yang terdiri dari *skin* dan *core* yaitu :

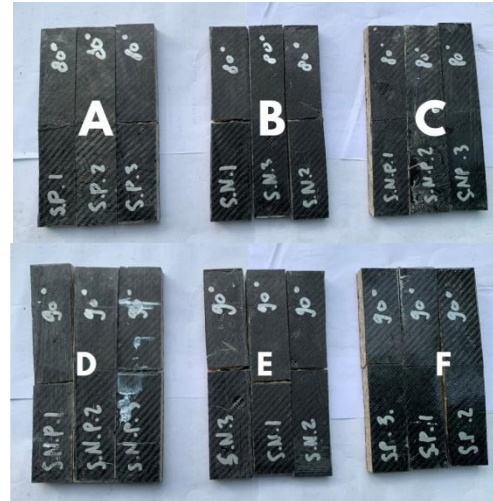
1. Skin

Skin (face) merupakan komponen terluar komposit *sandwich*. Bahannya bisa dibuat dari berbagai bahan yang berbentuk lembaran. Bahan-bahan yang dipakai dapat berupa plat logam seperti plat baja, aluminium, seng, tembaga. *Skin* juga dapat memakai bahan non logam seperti komposit serat sintetis dan alam yang diprkuat matriks *epoxy*, *polyester*, dan *vinylester*

2. Core

Core ialah inti pengisi dari komposit *sandwich* yang terletak di antara *skin*. Tujuan penambahan *core* adalah agar terjadi penambahan ketebalan tanpa terjadi penambahan ketebalan dan berat yang signifikan, maka akan mendapatkan material dengan kekuatan tinggi namun ringan. Bahan-bahan yang dapat dipakai *core* berupa sintetis seperti *plastic honeycome*, PVC, *foam*. *Core* juga dapat memakai bahan bahan alam yang memiliki densitas rendah maupun tinggi.

2. Metode



Gambar 1 Spesimen komposit sandwich

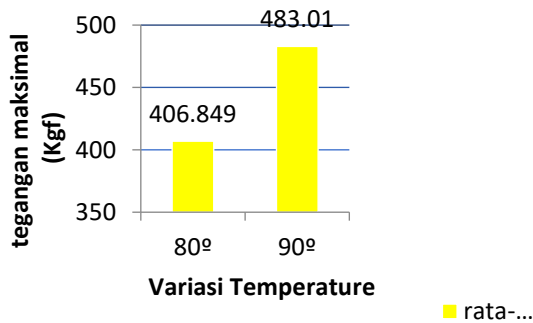
Berikut Langkah-langkah yang disiapkan unuk pembuatan spesimen :

- Persiapan alat dan bahan
- Persiapkan material resin *epoxy* dan serat yang digunakan
- Menimbang resin *epoxy* dan serat yang digunakan sesuai dengan jumlah perbandingan yang digunakan menggunakan perhitungan fraksi volume
- Mengolesi cetakan spesimen menggunakan wax lima lapis agar hasil komposit pada cetakan mudah di lepas
- Mulai proses pencetakan untuk membuat *core*
- Melapisi *core* dengan *carbon fiber* 3 lapis dengan arah lapisan 0° , 45° , 90° . Peletakan antar *layer carbon fiber* di olesi dengan resin *epoxy* agar tidak mudah bergeser ketikan proses pelapisan *core*.
- Meratakan campuran resin *epoxy* dengan menggunakan metode *hand lay-up*
- Setelah 24 jam proses pengeringan lepaskan komposit dari cetakan
- Pemanasan Kembali hasil komposit (*post-curing*) dengan oven listrik sesuai temperature yang sudah ditentukan selama 5 jam
- Potong hasil spesimen sesuai dengan standar ukuran uji *bending* ASTM709-03
- Ukuran spesimen pengujian *bending* sesuai dengan standar ASTM 709-03 yaitu : $p= 200\text{mm}$ $l= 40\text{mm}$ $t= 14\text{mm}$

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 Tegangan maksimal komposit sandwich serat nanas

Variasi perbandingan core	Temperature post-curing	Spesimen	Tegangan maksimal (Kgf)
Serat Nanas : 45 % Serat Karbon: 5% Resin : 50%	80°C	SN 1 80	430,976
		SN 2 80	392,908
		SN 3 80	396,665
		Rata-rata	406,849
	90°C	SN 1 90	451,452
		SN 2 90	480,387
SN 3 90		517,191	
	Rata-rata	483,010	

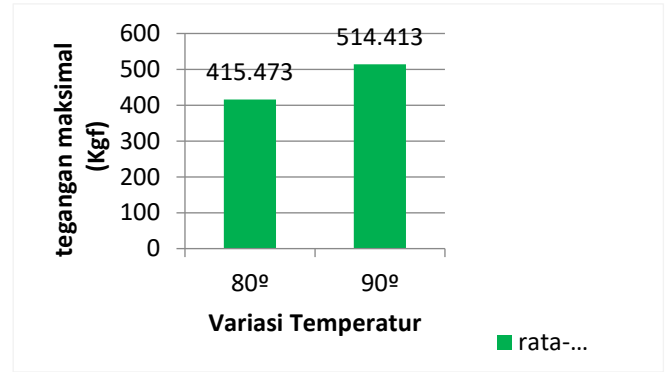


Gambar 1 Grafik rata-rata Tegangan maskimal komposit sandwich serat nanas

Berdasarkan data yang ada pada gambar 1 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit *sandwich* core serat nanas diperoleh rata- rata tegangan maksimal pada sampel SN 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 406,849 Kgf, dan sampel SN 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 483,01 Kgf.

Tabel 2 Tegangan maksimal komposit sandwich serat pisang

Variasi perbandingan core	Temperatur post-curing	Spesimen	Tegangan maksimal (Kgf)
Serat Karbon: 5% Serat Pisang : 45% Resin: 50%	80°C	SP 1 80	368,879
		SP 2 80	397,963
		SP 3 80	479,579
		Rata-rata	415,473
	90°C	SP 1 90	507,488
		SP 2 90	499,936
SP 3 90		535,816	
	Rata-rata	514,413	

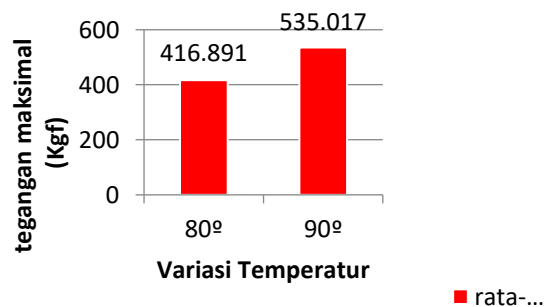


Gambar 2 Grafik rata-rata Tegangan maskimal komposit sandwich serat nanas

Berdasarkan data yang ada pada gambar 2 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit *sandwich* core serat pisang diperoleh rata- rata tegangan maksimal pada sampel SP 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 415,473 Kgf, dan sampel SP 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 514,413 Kgf.

Tabel 3 Tegangan maksimal komposit sandwich campuran serat pisang dan serat nanas

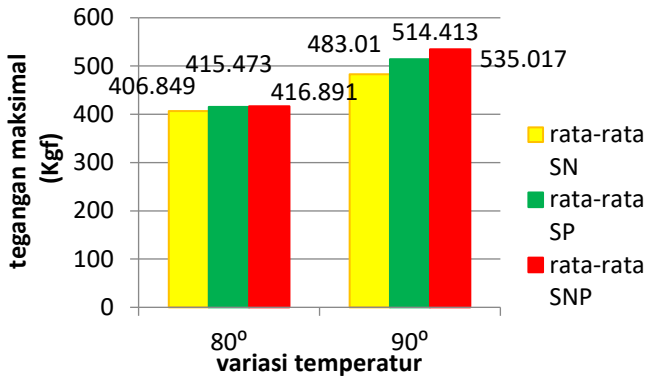
Variasi perbandingan core	Temperatur post-curing	Spesimen	Tegangan maksimal (Kgf)
Serat nanas : 27% Serat Pisang : 28% Resin : 40 % Serat Karbon: 5%	80°C	SNP 1 80	410,628
		SNP 2 80	368,868
		SNP 3 80	471,177
		Rata-rata	416,891
	90°C	SNP 1 90	524,600
		SNP 2 90	528,291
SNP 3 90		552,162	
	Rata-rata	535,017	



Gambar 3 Grafik rata-rata Tegangan maskimal komposit campuran sandwich serat nanas dan serat pisang

Berdasarkan data yang ada pada gambar 3 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit *sandwich* core serat dan serat pisang nanas diperoleh rata- rata tegangan

maksimal pada sampel SNP 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 416,891 Kgf, dan sampel SNP 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 535,017 Kgf.

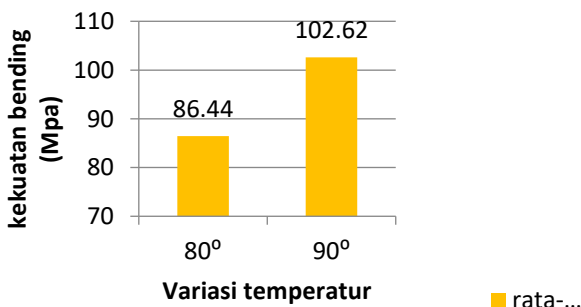


Gambar 4 Grafik rata-rata Tegangan maskimal komposit sandwich dari ketiga spesimen

Pada setiap spesimen komposit sandwich pengaruh perlakuan proses *post-curing* membuat resin dengan serat menjadi lebih terikat karena proses ini membuat kedua material ini menjadi lebih padat dan dapat meminimalisir rongga- rongga yang ada pada setiap spesimen.

Tabel 4 Kekuatan bending komposit sandwich serat nanas

Nama spesimen komposit	Teg Max (Kgf)	P (N)	b (mm)	d (mm)	L (mm)	Kekuatan bending (Mpa)
SN 1 80	430,976	4226,51	40	14	130	91,57
SN 2 80	392,908	3853,24	40	14	130	83,48
SN 3 80	396,665	3890,09	40	14	130	84,28
Rata-rata						86,44
SN 1 90	451,452	4427,38	40	14	130	95,92
SN 2 90	480,387	4711,15	40	14	130	102,07
SN 3 90	517,191	5072,09	40	14	130	109,89
Rata-rata						102,62



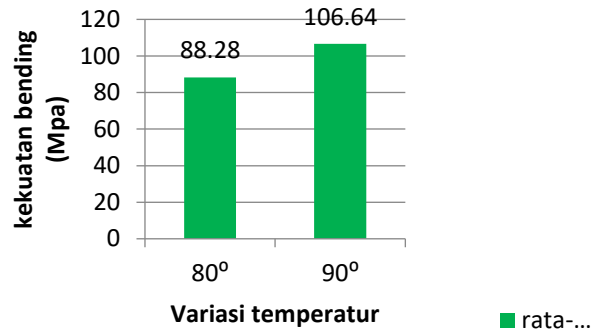
Gambar 5 Grafik rata-rata kekuatan bending komposit sandwich serat nanas

Berdasarkan data yang ada pada gambar 5 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit sandwich core serat nanas

diperoleh rata- rata kekuatan *bending* pada sampel SN 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 86,44 Mpa, dan sampel SN 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 102,62 Mpa.

Tabel 5 Kekuatan bending komposit sandwich serat pisang

Nama spesimen komposit	Teg Max (Kgf)	P (N)	b (mm)	d (mm)	L (mm)	Kekuatan bending (Mpa)
SP 1 80	368,879	3617,59	40	14	130	78,38
SP 2 80	397,963	3902,82	40	14	130	84,56
SP 3 80	479,579	4703,23	40	14	130	101,90
Rata-rata						88,28
SP 1 90	507,488	4976,93	40	14	130	107,83
SP 2 90	499,936	4534,41	40	14	130	98,24
SP 3 90	535,816	5254,74	40	14	130	113,85
Rata-rata						106,64

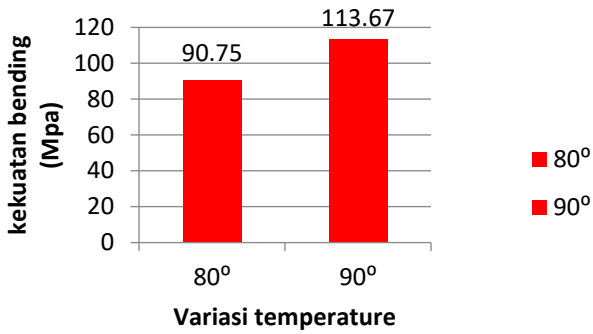


Gambar 6 Grafik rata-rata kekuatan bending komposit sandwich serat pisang

Berdasarkan data yang ada pada gambar 6 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit sandwich core serat nanas diperoleh rata- rata kekuatan *bending* pada sampel SP 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 88,28 Mpa, dan sampel SP 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 106,64 Mpa.

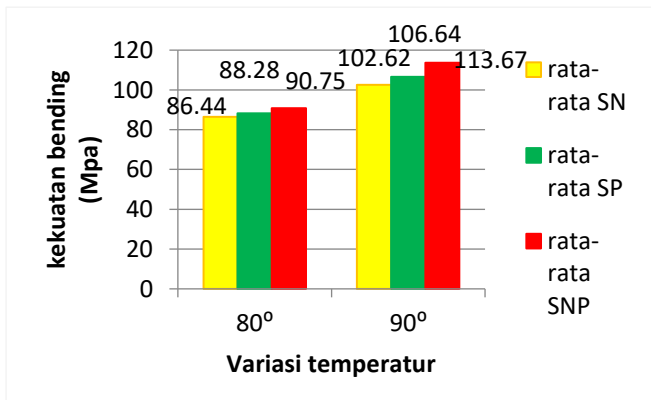
Tabel 6 Kekuatan bending komposit sandwich campuran serat pisang dan serat nanas

Nama spesimen komposit	Teg Max (Kgf)	P (N)	b (mm)	d (mm)	L (mm)	Kekuatan bending (Mpa)
SNP 1 80	410,628	4027,02	40	14	130	87,25
SNP 2 80	368,868	3617,48	40	14	130	78,37
SNP 3 80	471,177	4620,83	40	14	130	100,11
Rata-rata						90,75
SNP 1 90	524,600	5144,75	40	14	130	111,46
SNP 2 90	528,291	5180,94	40	14	130	112,25
SNP 3 90	552,162	5415,05	40	14	130	117,32
Rata-rata						113,67



Gambar Grafik rata-rata kekuatan bending komposit sandwich campuran serat nanas dan pisang

Berdasarkan data yang ada pada gambar 7 Pada grafik dapat dijelaskan pada komposit *sandwich core* serat nanas diperoleh rata-rata kekuatan *bending* pada sampel SNP 80 dengan variasi temperatur 80°C yaitu 90,75 Mpa, dan sampel SNP 90 dengan variasi temperatur 90°C yaitu 113,67 Mpa.



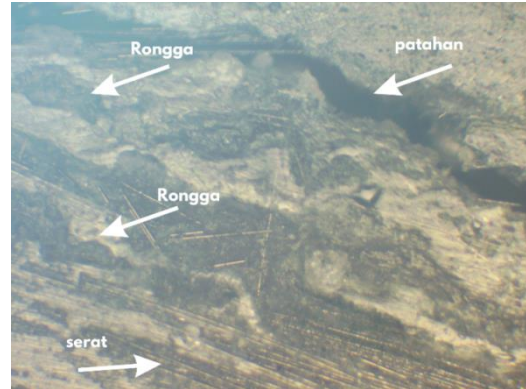
Gambar 8 Rata-rata kekuatan bending pada ketiga spesimen

Berdasarkan gambar 8 nilai uji tekuk tipe core campuran serat nanas dan serat pisang memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe *core* yang terbuat dari serat nanas dan serat pisang seperti dapat dilihat di atas. *Core* campuran serat nanas dan serat pisang memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* pada variasi temperatur 80°C sebesar 90,75 Mpa, spesimen kedua pada variasi temperatur 90°C mempunyai nilai rata-rata kekuatan *bending* sebesar 113,67 Mpa. Spesimen dengan perlakuan *post-curing* 90°C mempunyai nilai hasil uji *bending* yang lebih tinggi. Pada temperatur 90°C membuat antara resin dan serat menjadi lebih terikat karena proses ini membuat kedua material menjadi lebih padat dan meminimalisir rongga-rongga yang ada pada setiap spesimen.

Dari setiap spesimen peningkatan temperatur *post-curing* 80° dan 90°, menambah kekuatan bending pada spesimen komposit sandwich serat carbon core serat

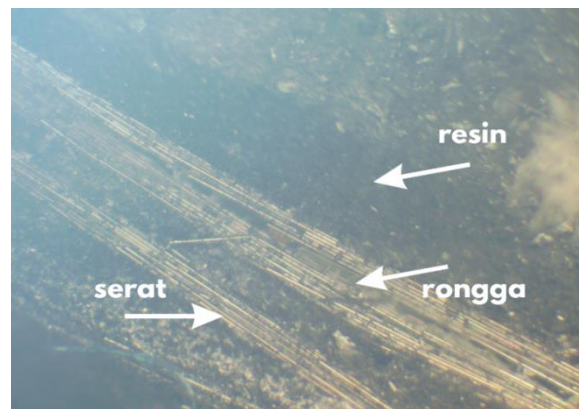
nanas sebesar 18,5%, pada spesimen komposit sandwich serat carbon core serat pisang mendapatkan peningkatan kekuatan bending sebesar 20,9%, dan pada spesimen komposit sandwich serat carbon core campuran serat nanas dan serat pisang mendapatkan peningkatan kekuatan bending sebesar 25,2%.

Hasil Pengujian Struktur Mikro



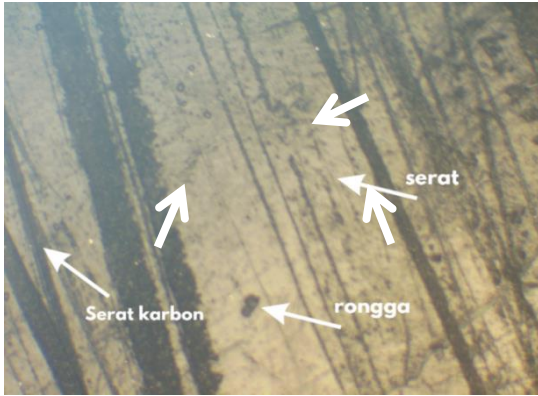
Gambar 1 Spesimen terendah 80°C

Pada gambar 1 spesimen terendah di temperatur *post-curing* 80°C masih terdapat rongga yang cukup banyak dan lebar pada area patahan. Hal ini karena serat tidak terlalu mengikat dengan resin dan penggunaan suhu yang kurang pada saat proses *post-curing*



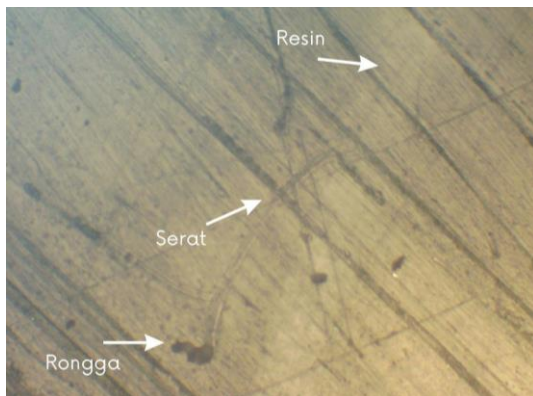
Gambar 2 Spesimen tertinggi 80°C

Pada gambar 2 Spesimen tertinggi di temperatur 80°C juga masih terdapat rongga karena temperature yang digunakan sama. Ada juga patahan terjadi karena susunan serat yang menumpuk searah sehingga kekuatan dari keterikatan antara resin dan serat kurang begitu maksimal.



Gambar 3 Spesimen terendah 90°C

Pada gambar 3 Spesimen terendah pada temperatur 90°C masih terdapat sedikit rongga di area patahan dibandingkan pada temperature 80. Hal ini karena peningkatan suhu yang digunakan membuat efek keterikatan serat dan resin lebih kuat, namun masih ada serat yang menumpuk searah sehingga mengurangi keterikatan serat satu sama lain.



Gambar 4 Spesimen tertinggi 90°C

Pada gambar 4 bisa dilihat ada sedikit rongga karena temperatur yang digunakan lebih tinggi dibandingkan 80, dan jumlah serat lebih banyak dan lebih merata pada area patahan sehingga membuat keterikatan resin dan serat lebih kuat.

Berdasarkan seluruh gambar dari proses pengujian mikro diperoleh data bawasanya keterikatan resin dan serat di area patahan cenderung kurang begitu maksimal, masih terdapat rongga di beberapa area patahan, ada juga patahan terjadi karena susunan serat yang menumpuk searah sehingga kekuatan dan keterikatan antara resin dan serat kurang begitu maksimal. Banyak hal yang mempengaruhi terjadinya rongga pada disetiap spesimen diantaranya kurang maksimalnya keterikatan resin dan serat pada saat proses *post-curing* sehingga pada area kedua material tersebut mengalami rongga yang membuat sisi tersebut menjadi getas. Proses *curing* pada komposit dapat

mengurangi celah pad apada ikatan antara matriks dan serat sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik pada komposit.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dan merujuk pada hasil serta pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Komposit *sandwich* serat karbon dengan *core* campuran serat nanas dan pisang yang diproses *post-curing* 90°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata tegangan maksimal tertinggi sebesar 535,017 Kgf dan komposit *sandwich* serat karbon dengan *core* serat nanas yang diproses *post-curing* 80°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata tegangan maksimal terendah sebesar 406,849 Kgf. Komposit *sandwich* serat karbon dengan *core* campuran serat nanas dan pisang yang diproses *post-curing* 90°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata kekuatan *bending* tertinggi sebesar 113,67 Mpa dan komposit *sandwich* serat karbon dengan *core* serat nanas yang diproses *post-curing* 80°C selama 5 jam mendapatkan hasil rata-rata kekuatan *bending* terendah sebesar 86,44 Mpa. Dari hasil penelitian ini bahwasannya meningkatnya penggunaan temperatur pada saat proses *post-curing* yang digunakan maka akan meningkatkan kekuatan *bending* komposit.
- Dari setiap spesimen peningkatan temperatur *post-curing* 80° dan 90°, menambah kekuatan *bending* pada spesimen komposit *sandwich* serat carbon core serat nanas sebesar 18,5%, pada spesimen komposit *sandwich* serat carbon core serat pisang mendapatkan peningkatan kekuatan *bending* sebesar 20,9%, dan pada spesimen komposit *sandwich* serat carbon core campuran serat nanas dan serat pisang mendapatkan peningkatan kekuatan *bending* sebesar 25,2%.
- Untuk hasil pengujian mikro dapat disimpulkan bahwasannya kerapatan keterikatan resin sangat mempengaruhi kekuatan *bending* pada setiap spesimen, setiap rongga spesimen akan mengecil dan ikatan resin dengan serat akan semakin kuat seiring dengan berlangsungnya proses perlakuan panas.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada laboratorium Teknik mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah mendukung penuh atas dilaksanakannya penelitian ini sehingga dapat terlaksana dan terselesaikan secara tepat waktu.

Daftar Pustaka

- [1] W. W. dan C. Prastyadi, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume, Temperatur Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Tekan Komposit Epoxy - Hollow Glass Micropheres," *J. Tek. Pomits*, vol. 1, no. 2, pp. 196–200, 2017.
- [2] P. Hidayat, "Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil," *Teknoin*, vol. 13, no. 2, pp. 31–35, 2008, doi: 10.20885/teknoin.vol13.iss2.art7.
- [3] W. B. Utomo, "Pengaruh Variasi Jenis Core, Temperature Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Karbon dengan Metode Vacum Infusion," Universitas Negeri Surabaya, 2021.
- [4] D. Erlangga and M. A. Irfai, "Pengaruh fraksi volume serat kulit batang kersen dan serat karbon terhadap kekuatan tarik dengan matrik polyester," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 7–14, 2018.
- [5] A. Dwi Catur and N. Prayitno, "Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat Bambu-Fiberglass dengan Core Polyurethane Rigid Foam," 2014.
- [6] Wijoyo and A. Nurhidayat, "Kajian Ketangguhan Impak Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester dengan Core Gedebog Pohon Pisang," *Simp. Nas. RAPI XII*, vol. 12, no. 2004, pp. 111–116, 2013.
- [7] T. S. Hadi, S. Jokosisworo, and P. Manik, "Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 323–331, 2016.
- [8] C. Pramono, S. Hastuti, I. Ivandiyanto, and A. A. Trihardanto, "Analisis Sifat Bending dan Impak Komposit Berpenguat Serat Pohon Pisang," *Pros. SNST*, vol. 4, no. 3, pp. 13–18, 2019.
- [9] M. Matasina, K. Boimau, and J. U. . Jasron, "Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar," *Tek. Mesin Undana*, vol. 1, no. 2, pp. 47–58, 2014.
- [10] I. P. Lokantara, "Analisis Kekuatan Impact Komposit Polyester-Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang Dan Fraksi Volume Serat Yang Diberi Perlakuan NaOH," *Din. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 47–54, 2012, doi: 10.29303/d.v2i1.111.
- [11] A. Prayoga, "Penggunaan Serat Pelepah Pohon Pisang Sebagai Bahan Alternatif Dalam Pembuatan Kampas Rem Tromol Sepeda Motor (Non Asbes)," *J. Tek. Mesin Ubl*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.ubl.ac.id/index.php/JTM>.
- [12] S. M. B. Respati, I. Katsir, and M. Dzulfikar, "Bodi Mobil dengan Komposit Matriks Fiber Carbon-Honeycome dan Penguat Resin Lycal," *J. Tek. Mesin*, vol. 17, no. 2, pp. 29–33, 2020, doi: 10.9744/jtm.17.2.29-33.
- [13] putra, w., Prianto, A., & Arifin, R. (2022). ANALISA WOOD PLASTIC COMPOSITE SERBUK KAYU SENGON LAUT DAN PLASTIK HDPE TERHADAP UJI TARIK DAN UJI STRUKTUR MIKRO. *AutoMech : Jurnal Teknik Mesin*, 2(01). doi:<https://doi.org/10.2426/10.24269>