



PENGARUH METODE PROSES MANUFaktur TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT SERAT KULIT POHON WARU SEBAGAI MATERIAL TERBARUKAN UNTUK PESAWAT NIRAWAK

Ahmat Herman¹, Dadang Hermawan², Arief Rizki Fadhillah^{2*}

¹Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah 3 Malang 65128
Jawa Timur, Indonesia, Telepon (0341) 411291

²Program Studi D3 Mesin Otomotif, Universitas Widyagama Malang, Jl. Taman Borobudur Indah 3 Malang 65128
Jawa Timur, Indonesia, Telepon (0341) 411291

*Email Penulis: arief.rizki.f@widyagama.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 13/08/2022
Naskah Direvisi 29/09/2022
Naskah Disetujui 30/10/2022
Naskah Online 31/12/2022

ABSTRACT

The current development of composite technology leads to Nature Composites (NACO). One of the natural composites that is currently being developed and researched is the hibiscus skin fiber composite. The material combination of hibiscus bark fiber and synthetic resin has quite good potential in terms of the resulting tensile strength and impact strength. From several research results, this hibiscus bark fiber composite has good potential in terms of mechanical properties, so that it can be implemented as a material for drones with specifications: light, stiff, not easily broken, tough and resistant to vibration and corrosion. The specifications for unmanned aircraft which must have tough properties in terms of mechanical properties, it is necessary to increase the mechanical properties of waru tree bark fiber composites. In improving the mechanical properties of the waru tree bark fiber composite, it is not only the reinforcing material phase and the matrix phase material that are taken into account. The manufacturing process of the waru tree bark fiber composite also needs to be designed and analyzed, so that it will be able to produce a good and strong composite material structure. The problem to be investigated is the effect of the manufacturing process method on the mechanical properties of hibiscus bark fiber composites as a renewable material for drones. The independent variables in this study include: the hand lay up method, the vacuum infusion resin method, and the press method. The dependent variables in this study include Bending strength, composite fracture analysis, and reinforcement matrix bond analysis (microphoto). The results of this study can be concluded that the manufacturing process method affects the bending strength of waru tree bark fiber composites. This can be seen from the test results, where the highest bending strength is found in the Vacuum Infusion manufacturing process with an average bending strength value of 21.97 Mpa, and the lowest bending strength is found in specimens with a Press manufacturing process with an average bending strength value of 18.08 MPa.

Keywords: Waru Tree Bark Fiber Composite, hand lay up method, press method, vacuum resin infusion method, bending strength

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komposit saat ini banyak mengarah pada komposit alam/ *Nature Composites* (NACO). Komposit alam memiliki beberapa keunggulan, antara lain: dapat didaur ulang atau ramah lingkungan, memiliki sifat mekanik yang spesifik, memiliki sifat isolator panas dan suara, tahan korosi, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik selain itu juga ramah lingkungan [1]. Material komposit terdapat dua material penyusun utama yaitu material *reinforcing phase* dan *matrix phase*. Fungsi dari material *reinforcing phase* yaitu sebagai penguat dalam komposit yang contohnya seperti: serat, partikel, dan serpihan [2]. Sedangkan, fungsi dari material *matrix phase* yaitu sebagai media transfer beban yang diterima oleh matrik, kemudian selanjutnya ditransferkan kepada material *reinforcing phase /reinforcement*, contohnya seperti resin alam dan resin sintesis [3].

Salah satu komposit alam yang saat ini sedang banyak dikembangkan dan diteliti yaitu komposit serat kulit waru. Komposit ini merupakan salah satu inovasi teknologi material maju yang memanfaatkan serat alam sebagai material *reinforcing phase* yang dikombinasikan dengan resin sintesis sebagai material *matrix phase* [4]. Komposit serat kulit pohon waru masuk dalam klasifikasi *polymer matrix composites* [5]. Kombinasi material antara serat kulit pohon waru dan resin sintesis ini memiliki potensi yang cukup baik dari segi *tensile strength* dan *impact strength* yang dihasilkan.

Beberapa penelitian menunjukkan komposit serat kulit waru memiliki kekuatan tarik, impak dan bending yang cukup baik, antara lain: penelitian tentang pengaruh fraksi volume serat terhadap ketangguhan impak komposit berpenguat serat kulit batang waru – resin bisphenol A LP-1Q. Hasil pengujian impact spesimen komposit seiring meningkatnya fraksi volume, ketangguhan impact meningkat. Fraksi volume serat 15% memiliki ketangguhan tertinggi sebesar 0,1235 J/cm². Selanjutnya dilakukan foto SEM, pada daerah patahan didominasi kegagalan berupa *void* yang menyebabkan celah untuk patah lebih cepat. Ikatan antara serat kulit waru dan matrik bisphenol A LP-1Q yang kurang baik *menyebabkan fiber pullout* [6]. Selain itu, terdapat juga penelitian tentang pengaruh waktu perendaman serat kulit pohon waru pada air laut terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik. Hasil pengamatan mikro menunjukkan bahwa perendaman mengakibatkan timbulnya celah antar sub serat dan semakin lama waktu perendaman jarak antar sub celah semakin tinggi yang menyebabkan kekuatan tarik semakin menurun [7].

Berdasarkan hasil penelitian komposit serat kulit pohon waru diatas, maka dapat dilihat bahwa komposit ini memiliki potensi yang cukup baik dari segi sifat mekaniknya, sehingga dapat diimplementasikan sebagai pada pesawat nirawak dengan spesifikasi: ringan, kaku, tidak mudah patah, tangguh serta tahan terhadap getaran dan korosi [8].

Pesawat nirawak merupakan pesawat terbang tanpa awak yang dikendalikan dengan alat sistem kendali jarak jauh melalui gelombang radio, serta memiliki kelebihan yaitu memiliki risiko yang rendah, dapat menjangkau

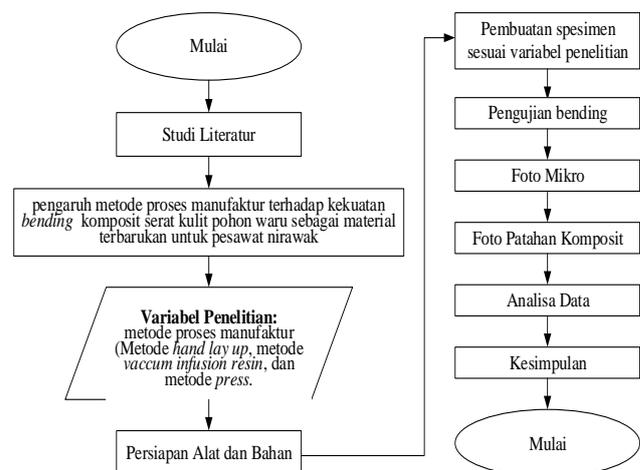
daerah yang sulit diakses, dan biaya operasi lebih yang rendah [9].

Spesifikasi pesawat nirawak yang harus memiliki sifat tangguh dari segi sifat mekaniknya, maka perlu adanya peningkatan sifat mekanik komposit serat kulit pohon waru. Dalam meningkatkan sifat mekanik dari komposit serat kulit pohon waru, maka bukan hanya faktor dari material *reinforcing phase* dan material *matrix phase* yang diperhitungkan. Proses manufaktur dari komposit serat kulit pohon waru juga perlu dirancang dan dianalisis, sehingga akan mampu menghasilkan struktur material komposit yang baik dan kuat. Proses manufaktur komposit ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: *hand lay-up*, *vacuum infusion resin* dan metode *press*. Metode proses manufaktur komposit dengan matrik resin yang digunakan akan mempengaruhi tingkat porositas didalam material komposit, sehingga porositas tersebut akan mengurangi sifat mekanik komposit [10].

Berdasarkan ulasan dan penelitian yang telah dilakukan diatas, maka serat kulit pohon waru memiliki potensi sebagai *reinforcement* komposit serat alam yang akan diimplementasikan sebagai material dari pesawat nirawak, akan tetapi perlu adanya penelitian lanjutan dengan memfokuskan metode-metode proses manufaktur komposit serat kulit pohon waru, antara lain: *hand lay-up*, *vacuum infusion resin* dan metode *press*. Permasalahan yang akan diteliti adalah pengaruh metode proses manufaktur terhadap sifat mekanik komposit serat kulit pohon waru sebagai material terbaru untuk pesawat nirawak.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian pengaruh metode proses manufaktur terhadap sifat mekanik komposit serat kulit pohon waru sebagai material terbaru untuk pesawat nirawak ini menggunakan metode *experimental*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Variabel didalam penelitian ini, antara lain:

- Variabel Bebas: metode *hand lay up*, metode *vacuum infusion resin*, dan metode *press*
- Variabel Terikat: kekuatan *Bending*, analisa patahan komposit, dan analisis ikatan matrik reinforcement (foto mikro)

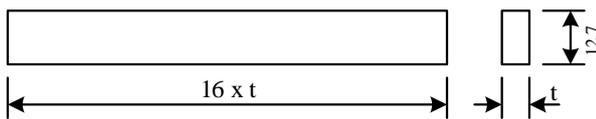
c. Variabel Kontrol: reinforcement yang digunakan adalah serat kulit pohon waru, matrik yang digunakan adalah resin bisphenol A LP-1Q, spesimen uji *Bending* menggunakan standar ASTM D790, komposit menggunakan fraksi massa, perbandingan fraksi massa yaitu 60 reinforcement : 40 matrik, serat kulit pohon waru dilakukan Alkalisasi menggunakan larutan NaOH selama 120 menit.

Penelitian dilakukan dengan melakukan identifikasi masalah melalui studi literatur dari beberapa jurnal dan buku yang terkait dengan komposit serat kulit pohon waru serta proses manufaktur komposit. Dari studi pustaka tersebut, maka didapatkan variabel penelitian yaitu variasi metode proses manufaktur komposit yang akan diterapkan pada komposit serat kulit pohon waru. Sebelum serat kulit pohon waru digunakan sebagai *reinforcement* komposit, maka dilakukan perendaman alkali NaOH selama 120 menit. Selanjutnya pembuatan spesimen komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *hand lay up*, metode *press*, dan metode *vaccum infusion resin*.



Gambar 2. Uji Bending [11]

Pengujian *Bending* dilakukan terhadap spesimen batang uji yang standar. Bahan yang akan diuji mula-mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai standar ASTM D790 dengan ukuran spesimen 96 mm x 12,7 mm x 6 mm. Pada bagian tengah dari batang uji merupakan bagian yang menerima tegangan, pada bagian ini diukur panjang batang uji, yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh pembebanan seperti ditunjukkan dalam gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Dimensi Spesimen Uji Bending [12]

Kekuatan *Bending* dapat dirumuskan sebagai berikut [12]:

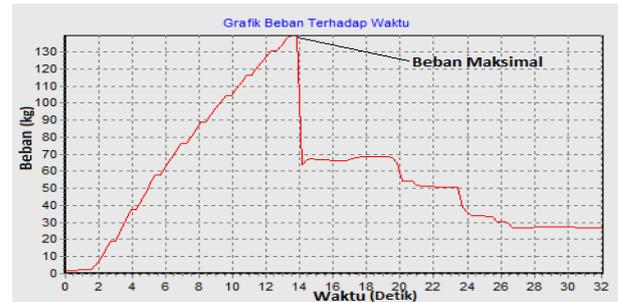
- σ = Kekuatan *Bending* (MPa)
- P = Beban (N)
- L = Panjang span (mm)
- b = Lebar batang uji (mm)
- d = Tebal batang uji (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

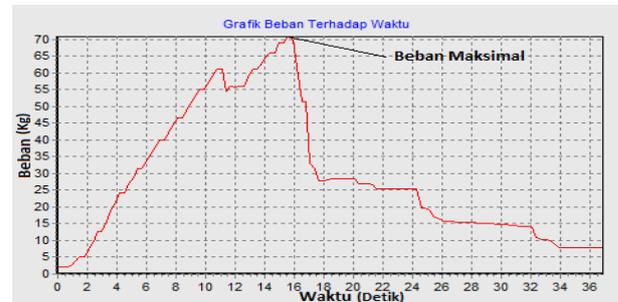
Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Serat Kulit Pohon Waru pada Beban Terhadap Waktu dalam Pengujian Bending



(a)



(b)



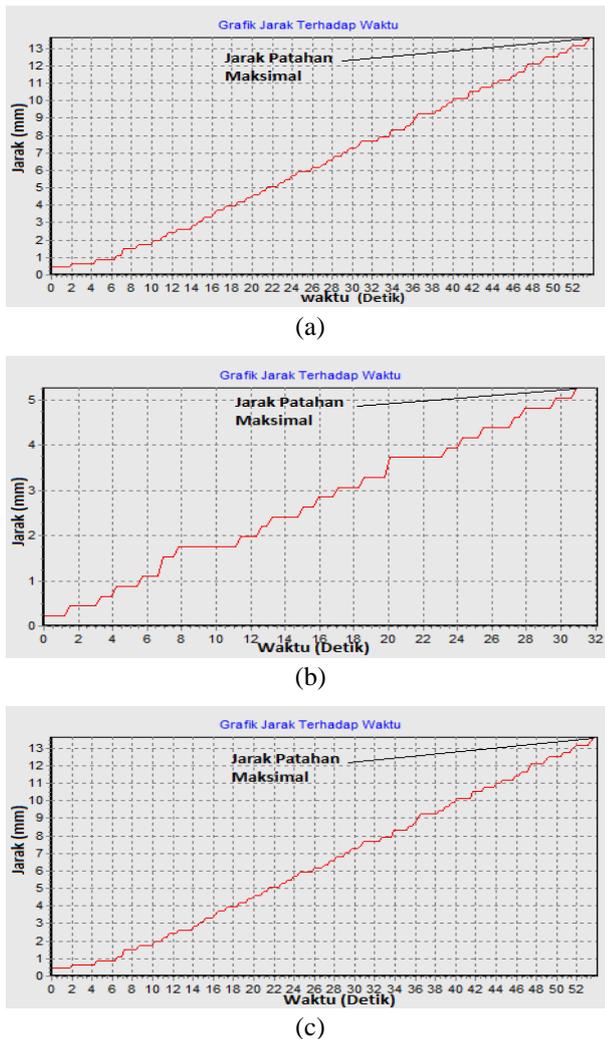
(c)

Gambar 4. Pengaruh jenis Metode Manufaktur (a) *Hand Lay Up*, (b) *Press*, dan (c) *Vacuum Infusion Resin* pada Beban Terhadap Waktu dalam Pengujian Bending

Pada gambar 4 (a) beban terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Hand Lay Up*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 6.20 kg dimana beban yang didapat terus meningkat hingga beban maksimal yaitu 70.20 kg dengan waktu 16 detik. Pada gambar 4 (b) beban terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Press*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 1.40 kg dimana beban yang didapat terus meningkat hingga mencapai beban maksimal yaitu 61.40 kg dengan waktu 29 detik. Pada gambar 4 (c) beban terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 2 kg dimana beban yang didapat naik hingga 61 kg pada waktu 11 detik kemudian turun ke 54.40 kg dan kemudian terus meningkat hingga mencapai beban maksimal yaitu 70.80 kg dengan waktu 16 detik.

Dari hasil gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa beban terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin* mendapatkan hasil yang lebih tinggi, dimana beban maksimal yang diterima mencapai 70.80 kg dengan waktu 16 detik. Hal ini dikarenakan pada proses *Vacuum Infusion Resin* udara yang terperangkap didalam specimen dikeluarkan hingga meminimalisir terjadinya Void yang mana bisa menjadi penyebab awal terjadinya keretakan pada saat specimen diuji.

Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Serat Kulit Pohon Waru pada Jarak Terhadap Waktu dalam Pengujian Bending



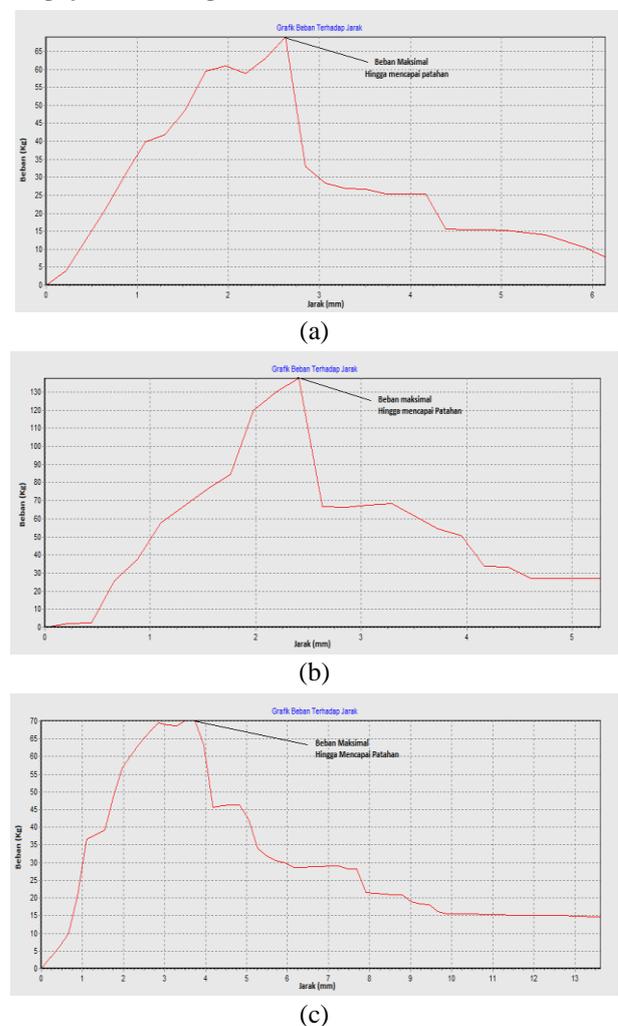
Gambar 5. Pengaruh jenis Metode Manufaktur (a) *Hand Lay Up*, (b) *Press*, dan (c) *Vacuum Infusion Resin* pada Jarak Terhadap Waktu dalam Pengujian Bending

Pada gambar 5 (a) jarak terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Hand Lay Up*, dapat dilihat bahwa jarak awal patahan yaitu 0.44 mm dengan beban 6.20 kg jarak patahan terus meningkat hingga mencapai jarak patahan maksimal yaitu 13.62 mm dengan waktu 54 detik. Pada gambar 5 (b) jarak terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Press*, dapat dilihat bahwa jarak awal patahan yaitu 0.22 mm dengan beban 1.60 kg jarak patahan terus meningkat hingga

mencapai jarak patahan maksimal yaitu 5.49 mm dengan waktu 37 detik. Pada gambar 5 (c) jarak terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin*, dapat dilihat bahwa jarak awal patahan yaitu 0.22 mm dengan beban 4 kg jarak patahan terus meningkat hingga mencapai jarak patahan maksimal yaitu 6.14 mm dengan waktu 37 detik.

Dari hasil gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pada gambar grafik jarak terhadap waktu pada komposit dengan proses manufaktur *vacuum infusion resin* mendapatkan hasil yang lebih baik, hal ini dikarenakan pada proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin* selain jumlah layer yang lebih banyak dari pada proses *hand lay up* dan *Press*, maka pada proses *vacuum infusion resin* udara yang terperangkap didalam spesimen juga dikeluarkan secara maksimal hingga meminimalisir terjadinya void. Dimana void sendiri adalah gelembung udara yang terperangkap didalam specimen yang dapat menyebabkan awal terjadinya keretakan pada saat specimen diuji.

Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Serat Kulit Pohon Waru pada Beban Terhadap Jarak dalam Pengujian Bending

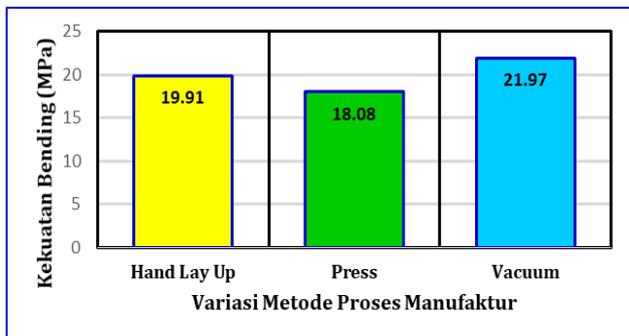


Gambar 6. Pengaruh jenis Metode Manufaktur (a) *Hand Lay Up*, (b) *Press*, dan (c) *Vacuum Infusion Resin* pada beban Terhadap jarak dalam Pengujian Bending

Pada gambar 6 (a) beban terhadap jarak pada komposit dengan proses manufaktur *Hand Lay Up*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 6.20 kg pada jarak 0.44 mm dimana beban yang didapat terus meningkat hingga beban maksimal yaitu 70.20 kg pada jarak 3.74 mm. Pada gambar 6 (b) beban terhadap jarak pada komposit dengan proses manufaktur *Press*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 1.60 kg pada jarak 0.22 mm dimana beban terus meningkat hingga mencapai beban maksimal yaitu 61.40 kg pada jarak 3.74 mm. Pada gambar 6 (c) beban terhadap jarak pada komposit dengan proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin*, dapat dilihat bahwa beban awal yang diterima oleh spesimen yaitu 2 kg dengan jarak 0.22 mm dimana beban yang didapat terus meningkat hingga mencapai beban maksimal yaitu 70.80 kg pada jarak 2.63 mm.

Dari hasil gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa beban terhadap jarak pada komposit dengan proses manufaktur *vacuum infusion resin* mendapatkan hasil yang baik, dimana dengan beban maksimal 70.80 kg hanya terjadi patahan dengan jarak 2.63 mm. hal ini dikarenakan Matriks dapat mengikat dengan baik pada *reinforcement* sehingga beban yang ditransfer oleh matriks dapat ditahan dengan baik oleh *reinforcement*.

Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Terhadap Kekuatan Bending Komposit Serat Kulit Pohon Waru

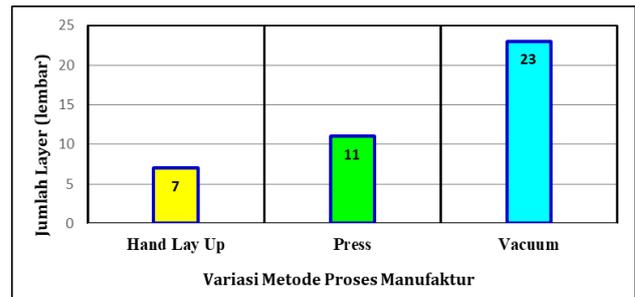


Gambar 7. Pengaruh Metode Proses Manufaktur Terhadap Kekuatan Bending Komposit Serat Kulit Pohon Waru

Berdasarkan gambar 7 diatas, dapat dilihat bahwa spesimen komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *hand lay up* menghasilkan 19.91 MPa. spesimen komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *press* menghasilkan 18.08 MPa. spesimen komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *vacuum infusion resin* menghasilkan 21.97 MPa. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *vacuum infusion resin* memiliki kekuatan bending tertinggi. Kemudian, komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *press* memiliki kekuatan bending terendah. Hal ini dikarenakan komposit serat kulit pohon waru dengan menggunakan metode *vacuum infusion resin* akan secara maksimal mengeluarkan udara-udara didalam cetakan, sehingga akan mengurangi jumlah void didalam komposit yang dapat menjadi *initial crack*.

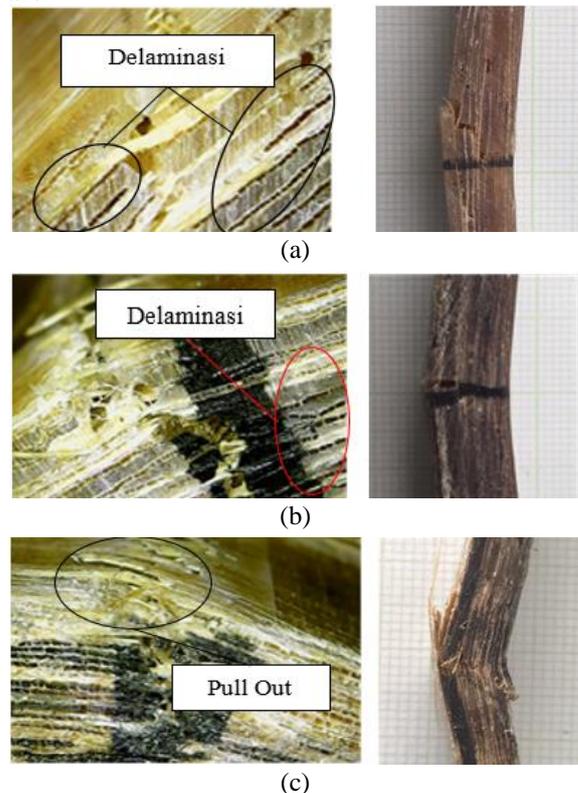
Selain itu, komposit serat kulit pohon waru setiap metode proses manufaktur memiliki jumlah layer yang berbeda-beda dengan ketebalan komposit sesuai dengan

standar ASTM D790 yaitu sebesar 6 mm. pada gambar 8 dibawah ini dapat dilihat perbandingan jumlah layer komposit serat kulit pohon waru dengan variasi metode proses manufaktur. Komposit serat kulit pohon waru dengan metode *hand lay up* memiliki 7 layer serat dengan ketebalan komposit 6 mm. Komposit serat kulit pohon waru dengan metode *press* memiliki 11 layer serat dengan ketebalan komposit 6 mm. Komposit serat kulit pohon waru dengan metode *vacuum infusion resin* memiliki 23 layer serat dengan ketebalan komposit 6 mm. Perbedaan jumlah layer dalam setiap metode manufaktur diduga mempengaruhi dari kekuatan komposit serat kulit pohon waru. Hal ini dapat dilihat bahwa komposit serat kulit pohon waru dengan metode *vacuum infusion resin* memiliki kekuatan bending tertinggi dengan jumlah layer terbanyak sebesar 23 layer.



Gambar 8. Perbandingan Jumlah Layer Komposit Serat Kulit Pohon Waru dengan Variasi Metode Proses Manufaktur

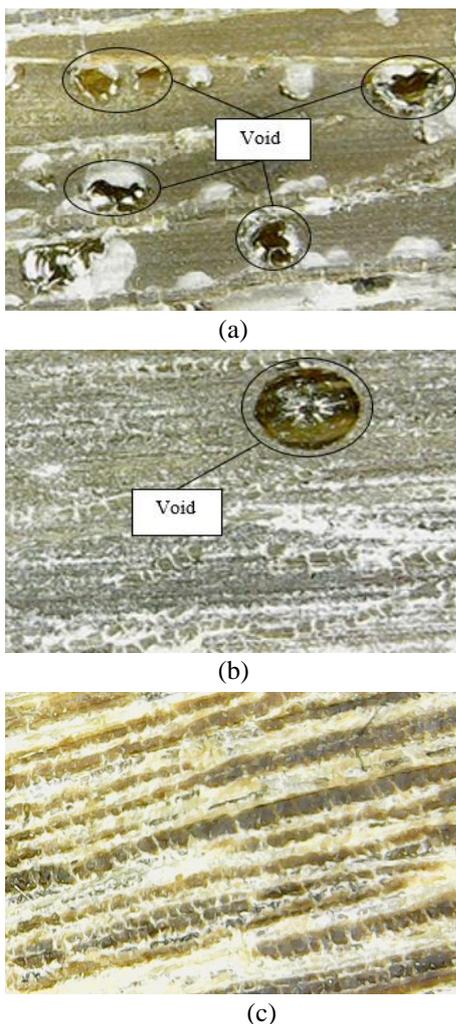
Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Terhadap Model Patahan Bending Komposit Serat Kulit Pohon Waru



Gambar 9. Model Patahan Komposit serat kulit pohon waru dengan variasi metode manufaktur (a) *Hand Lay Up*, (b) *Press*, (c) *Vacuum Infusion Resin*

Pada gambar 9 diatas menunjukkan pada spesimen (a dan b) terjadi patah getas yaitu ketika matriks patah, serat juga ikut patah bersama matriks. Selain itu juga terdapat delaminasi dimana hal ini dikarenakan matrik tidak mampu mengikat serat secara baik. Pada gambar spesimen (c) terjadi patah getas, kondisi patahan menunjukkan mekanisme serat *pull out*, dimana pada ujung patahan terlihat ada pemutusan serat namun kondisi serat tidak tercabut dari matriksnya. Dari gambar 9 diatas dapat dilihat bahwa model patahan pada spesimen dengan proses manufaktur *Vacuum Infusion Resin* lebih baik daripada spesimen dengan proses manufaktur *Hand Lay Up dan Press*, hal ini dikarenakan pada proses manufaktur *Vacuum*, Matriks mengikat dengan baik pada serat.

Pengaruh Metode Manufaktur Komposit Serat Kulit Pohon Terhadap Ikatan Matrik Dan Reinforcement



Gambar 10. Ikatan Matrik dan Reinforcement Komposit serat kulit pohon waru dengan variasi metode manufaktur (a) *Hand Lay Up*, (b) *Press*, (c) *Vacuum Infusion Resin*

Pada gambar (a dan b) spesimen dengan metode manufaktur *Hand Lay Up*, dan *Press* masih terdapat *Void* pada spesimen, hal ini dikarenakan resin tidak tercampur secara merata pada serat dan masi terdapat udara yang terperangkap didalam spesimen. Pada gambar (c) spesimen dengan metode manufaktur *Vacuum Infusion*

Resin tidak terdapat *Void* pada spesimen, hal ini dikarenakan resin tercampur secara merata pada spesimen.

Dari hasil gambar foto mikro diatas dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan metode manufaktur *Vacuum Infusion Resin* mendapatkan hasil spesimen yang baik, hal ini dikarenakan pada proses *Vacuum* udara yang ada pada spesimen disedot keluar oleh *Vacuum Pump* sehingga tidak ada udara yang terperangkap didalam spesimen.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengujian bending komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) dengan variasi metode proses manufaktur, maka dapat disimpulkan bahwa metode proses manufaktur mempengaruhi kekuatan bending komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*). Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian, dimana kekuatan bending tertinggi terdapat pada proses manufaktur *Vacuum Infusion* dengan nilai rata-rata kekuatan bending yaitu 21.97 Mpa, dan kekuatan bending terendah terdapat pada spesimen dengan proses manufaktur *Press* dengan nilai rata-rata kekuatan bending yaitu 18.08 Mpa.
2. Dari hasil pengujian bending komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) dengan variasi metode proses manufaktur, maka dapat disimpulkan bahwa metode proses manufaktur mempengaruhi ikatan antara resin bisphenol dan serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*). Berdasarkan pengambilan foto Patahan dan foto mikro komposit serat kulit pohon waru menunjukkan bahwa ikatan antara resin bisphenol dan serat waru pada proses manufaktur *Vacuum infusion resin* memiliki ikatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan proses manufaktur *Hand Lay Up*, dan *Press*. Hal ini dikarenakan pada proses manufaktur *Vacuum Infusion resin*, resin dapat menutup dan mengisi serat kulit pohon waru secara keseluruhan, sehingga dapat menjadikan ikatan yang terjadi antara resin dan serat menjadi lebih baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sulaiman dan M. H. Rahmat, "Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan," no. November, 2018.
- [2] V. H. Hermawan, N. R. Ismail, A. Farid, dan A. R. Fadhillah, "Pengaruh Penambahan Serbuk Alumina (Al₂O₃) Pada Resin Polyester Btqn 157 Terhadap Kekuatan Impact Komposit Serat Kulit Pohon Waru (*Hibiscus Tiliaceus*)," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 3, no. 02, hal. 25–32, 2020, doi: 10.33795/jetm.v3i02.57.
- [3] A. R. Fadhillah, D. Hermawan, N. R. Ismail, dan D. Framasta, "Pengaruh Jumlah Aliran Input Resin Pada Proses *Vacuum Infusion Resin* Terhadap Beban Dan Waktu Patah," *Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. (CIASTECH 2020)*, no. 3, hal. 525–532, 2020.

-
- [4] A. R. Fadhillah, “Karakteristik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus) Berdasarkan Jenis Resin Sintetis,” vol. 8, no. 2, hal. 101–108, 2017.
- [5] A. R. Fadhillah, D. Hermawan, dan A. R. Wardhani, “Pengaruh prosentase larutan NaOH pada proses alkalisasi serat kulit pohon waru (hibiscus tiliaceus) sebagai reinforcement komposit terhadap kekuatan tarik serat tunggal,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, hal. 111–118, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i2.1159.
- [6] W. E. Saputra, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (Hibiscus Tiliaceus) – Resin Epoxy,” no. May, hal. 1–74, 2016.
- [7] A. Prasetyo, H. Purwanto, dan S. M. B. Respati, “Pengaruh waktu perendaman serat kulit pohon waru (Hibiscus Tiliaceus) pada air laut terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik,” *J. Ilm. Momentum*, vol. 12, no. 2, 2016.
- [8] Suzanna, “Peranan Komposit Untuk Pesawat Terbang Ir. Suzanna H., M.Si,” hal. 61–63, 2013.
- [9] L. Iryani dan S. S. Wibowo, “Proses Manufaktur Material Komposit Struktur Sayap Pesawat Udara Tanpa Awak Dengan Menggunakan Metode Hand Lay-Up Dan Vacuum Bagging,” 2019, hal. 1–4. [Daring]. Tersedia pada: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=KpdQH5MAAAAJ&citation_for_view=KpdQH5MAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC
- [10] B. Harris, *Engineering composite materials*. London: The Institute of Materials, 1999. doi: 10.1016/0010-4361(87)90420-4.
- [11] Irawan, Agustinus Purna, Adianto, Dan Wayan Sukania. 2018. “Kekuatan Tekan Material Spoiler Mobil Berbasis Komposit Rotan Epoksi.” *Poros* 16 (1): 64–68.
- [12] Beliu, Harun N., Yeremias M. Pelle, Dan Jahirwan Ut Jarson. 2016. “Analisa Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Komposit Widuri - Polyester.” *Lontar* 03 (02): 11–20.

Halaman ini sengaja dikosongkan