



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 6th Conference on Innovation and Application of Science and Technology
(CIASTECH)

Website Ciastech 2023 : <https://ciastech.net>

Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>

Proceeding homepage : <https://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/issue/view/236>

ANALISA KOMBINASI *REINFORCEMENT* PADA KOMPOSIT LAMINATE MENGUNAKAN SERAT KULIT POHON WARU DAN KARBON KEVLAR TERHADAP *IMPACT STRENGTH*

Akhmad Rizki Putra¹⁾, Arief Rizki Fadhillah^{1*)}, Dadang Hermawan¹⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 28 November 2023
Direvisi, 4 Desember 2023
Diterima, 5 Desember 2023

Email Korespondensi :

arief.rizki.f@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini akan mengkombinasikan antara serat kulit pohon waru dan serat karbon kevlar sebagai reinforcement polymer matrix composite. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kombinasi reinforcement pada komposit laminate menggunakan serat kulit pohon waru dan karbon kevlar terhadap impact strength. Variabel didalam penelitian ini, antara lain: **Variabel Bebas:** komposit reinforcement serat kulit pohon waru, komposit reinforcement serat karbon kevlar, dan komposit reinforcement kombinasi serat waru dan karbon kevlar . **Variabel Terikat:** kekuatan impact, analisa patahan komposit. **Variabel Kontrol:** reinforcement yang digunakan adalah serat kulit pohon waru dan serat karbon kevlar, model reinforcement menggunakan model anyaman plain, matrik yang digunakan adalah resin bisphenol A LP-1Q, spesimen uji impact menggunakan standar ASTM A370, komposit menggunakan perbandingan yaitu 60% reinforcement : 40% matrik, serat kulit pohon waru dilakukan Alkalisasi menggunakan larutan NaOH selama 120 menit. Hasil pengujian impact komposit variasi serat kulit pohon waru maupun kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon Kevlar tidak sebaik variasi karbon Kevlar saja, hal ini didapatkan dari harga impact paling tinggi rata-rata sebesar 213,85 Joule/mm²

Kata Kunci: Serat Kulit Pohon Waru, Serat Karbon Kevlar, Impact strength

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri seiring berjalanya waktu meningkat secara pesat pada pembuatan material, hal ini menjadikan suatu terobosan baru untuk memenuhi kebutuhan dunia industri terhadap material. Maka dari itu dapat menjadikan suatu ide baru untuk menggunakan bahan material yang karakteristiknya sama seperti logam namun ringan, kuat, murah dan ramah lingkungan. Mengingat kebutuhan terhadap penggunaan material pada dunia industri meningkat, maka pembuatan material menggunakan bahan yang ringan, murah, kuat dan ramah lingkungan dapat membangunkan minat sebagian orang untuk mengembangkan ilmu-ilmu material dengan berbagai macam bahan dan salah satunya adalah menggunakan komposit [1].

Komposit merupakan material struktural yang tersusun dari dua gabungan material atau lebih. Selain itu dan material gabungan tersebut dapat dibedakan secara makroskopik[2]. Pada komposit terdapat material reinforcing phase dan matrix phase. Material Reinforcing phase memiliki fungsi sebagai penguat dalam komposit, antara lain: serat, partikel, dan serpihan[3]. Material matrix phase memiliki fungsi sebagai transfer beban yang diberikan kedalam komposit dan diterima oleh matrik yang selanjutnya ditransferkan kepada reinforcement [2][4].

Serat alam dapat digunakan sebagai reinforment pada material komposit. beberapa jenis serat alam yang dapat dijadikan reinforcement diantaranya serat kelapa, sisal, flex, hemp, jute, rami dan pohon waru (*hibiscus tiliaceus*)[5]. Serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan yang diperoleh dari kulit pohon waru, dimana serat kulit pohon waru ini sudah dikenal akan kekuatannya, dan memiliki kualitas yang baik dengan permukaan yang halus, serat-serat yang diambil dari batang atau cabangnya dapat dibuat menjadi tali yang sangat kuat dan baik [6].

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh peneliti tentang penggunaan serat kulit pohon waru sebagai reinforcement komposit, antara lain: penelitian yang menguji pengaruh jumlah aliran input resin pada proses vaccum infusion resin terhadap beban dan waktu uji tarik komposit serat kulit pohon waru. Tujuan penelitian adalah menganalisa pengaruh variasi jumlah aliran resin menggunakan metode vaccum infusion resin terhadap beban dan waktu uji tarik komposit. Penelitian ini memiliki variasi jumlah aliran input resin pada vaccum infusion resin yaitu Jumlah Aliran Resin 1 In 1 Out, 2 In 1 Out, 4 In 1 Out. Pengujian yang dilakukan pada komposit dengan variasi ini adalah uji tarik, foto mikro, dan foto patahan. Hasil penelitian ini adalah komposit serat kulit pohon waru dengan variasi aliran resin input 2 in 1 out memiliki kemampuan menerima beban paling tinggi sebesar 1534.90 kg. Sedangkan, waktu patah yang paling maksimal terdapat pada komposit serat kulit pohon waru dengan variasi aliran resin input 1 in 1 out yaitu selama 371 detik [7].

Terdapat juga penelitian dengan tujuan mengetahui pengaruh penambahan serbuk alumina (Al_2O_3) terhadap energi impact yang diserap, harga impact dan patahan komposit kulit pohon waru. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dalam penelitian ini peneliti menginginkan pemanfaatan serat kulit pohon waru sebagai bahan alternatif penguat komposit. Dari hasil pengujian impact didapatkan energi yang diserap komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) variasi penambahan serbuk alumina metode vacumm infusion resin tertinggi pada variasi penambahan serbuk alumina 5 gram yaitu sebesar 10240,44 Joule. Dari hasil pengujian impact didapatkan harga impact komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) variasi penambahan serbuk alumina metode vacumm infusion resin tertinggi pada variasi penambahan serbuk alumina 10 gram yaitu sebesar 90,98 Joule/mm². Pola Patahan pada komposit uji impact dari variasi penambahan serbuk alumina metode vacumm infusion resin menunjukkan mekanisme fiber pull out pada variasi 7,5 gram dan delaminasi pada variasi 5 dan 10 gram [4].

Selanjutnya terdapat penelitian yang meneliti pengaruh Debit Aliran Resin Bisphenol A LP-1Q-EX Pada Metode Vacuum Infusion Resin Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (*Hibiscus tiliaceus*). Hasil penelitian menjelaskan bahwa hasil pengujian tarik didapatkan kekuatan tarik komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) variasi debit aliran resin pada metode vacuum infusion resin tertinggi pada debit aliran resin 3,66 ml/s dengan nilai kekuatan tarik rata-rata 301,75 MPa. pengujian tarik juga menghasilkan regangan komposit serat kulit pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) variasi debit aliran resin pada metode vacuum infusion resin tertinggi pada debit aliran resin 3,66 ml/s dengan nilai regangan rata-rata 0,0061 mm/mm [8].

Selain serat kulit pohon waru yang dapat digunakan sebagai reinforcement pada material komposit, terdapat juga material reinforcement yang dapat digunakan sebagai penguat yaitu serat karbon kevlar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa serat karbon sangat baik untuk menambah kekuatan polymer matrix composite, antara lain: penelitian yang fokus untuk mengetahui nilai

kekuatan tarik dan nilai kekuatan bending dari komposit serat karbon dengan resin lycal sebagai polimer yang diberi perlakuan curing pada waktu 1 jam, 1,5 jam, 2jam, 2,5 jam, dan 3 jam dalam penahanan suhu 80°C. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah serat carbon 3K 240GSM resin yang digunakan adalah resin lycal GLR 1011. Komposit dibuat dengan menggunakan metode vacuum, diatas cetakan kaca berukuran 100 cm x 50 cm. Cara pengambilan data adalah dengan melakukan ujian tarik dan bending pada komposit yang sudah di beri perlakuan curing dalam waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam dengan penahanan suhu 80°C. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada komposit curing 80°C dengan waktu curing 1,5 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 629.799 Mpa yield stress 479.44 Mpa. Sedangkan nilai terendah yaitu pada komposit yang diberi perlakuan suhu curing 80oC dengan waktu curing 2 jam didapatkan hasil tegangan tarik sebesar 420.816 Mpa yield stress 462.212 Mpa. Nilai tegangan bending terbesar pada komposit curing 80°C 1 jam yaitu 840.915 Mpa dan sedangkan nilai tegangan bending terendah di 3 jam sebesar 1008.670 Mpa [9].

Serat karbon sebagai reinforcement material komposit juga diteliti dengan hasil komposit polyester dengan penguat serat karbon diperoleh kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 40% dengan panjang serat 33,41mm yaitu sebesar 135 MPa dan kekuatan impak maksimum dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 56,82% dan panjang serat 25mm yaitu sebesar 208,25 Mpa. Berdasarkan analisa dan perhitungan data yang diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa variasi fraksi volume dan panjang serat karbon dapat mempengaruhi sifat mekanik dari komposit polyester BQTN 157 berpenguat serat karbon. Kekuatan komposit naik seiring bertambahnya fraksi volume maupun panjang serat. Dari analisa SEM kekuatan material komposit dipengaruhi oleh kerapatan antara serat karbon dengan matriks. Ketidakerapatan menyebabkan adanya rongga (void) yang terbentuk antara serat dengan matriks. Semakin kecil rongga yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik yang dibuktikan dengan kekuatan dari spesimen yang tinggi, begitu pula sebaliknya semakin besar rongga yang terbentuk maka menunjukkan ikatan yang kurang baik antara serat dengan matrik yang dibuktikan dengan kekuatan dari spesimen yang rendah. Hal ini menyebabkan nilai kekuatan disetiap komposit berbeda [10].

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka perlu adanya pengembangan penelitian dengan memanfaatkan keunggulan dari masing-masing serat kulit pohon waru dan serat karbon, sehingga dapat menghasilkan komposit dengan kekuatan yang lebih baik lagi. Dalam penelitian ini akan mengkombinasikan antara serat kulit pohon waru dan serat karbon kevlar sebagai reinforcement polymer matrix composite. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kombinasi reinforcement pada komposit laminate menggunakan serat kulit pohon waru dan karbon kevlar terhadap impact strength.

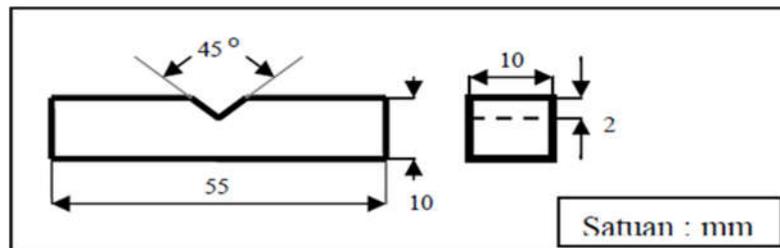
2. METODE PENELITIAN

Variabel didalam penelitian ini, antara lain:

1. **Variabel Bebas:** komposit *reinforcement* serat kulit pohon waru, komposit *reinforcement* serat karbon kevlar, dan komposit *reinforcement* kombinasi serat waru dan karbon kevlar
2. **Variabel Terikat:** kekuatan *impact*, analisa patahan komposit
3. **Variabel Kontrol:** *reinforcement* yang digunakan adalah serat kulit pohon waru dan serat karbon kevlar, model *reinforcement* menggunakan model anyaman plain, matrik yang digunakan adalah resin bisphenol A LP-1Q, spesimen uji *impact* menggunakan standar ASTM A370, komposit menggunakan perbandingan yaitu 60% *reinforcement* : 40% matrik, serat kulit pohon waru dilakukan Alkalisasi menggunakan larutan NaOH selama 120 menit.

Proses pembuatan spesimen dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Memotong satu buah komposit menggunakan gergaji besi, sebelumnya permukaan komposit sudah di tandai menggunakan spidol dengan bentuk dan ukuran sesuai standar spesimen uji *impact* ASTM A370
2. Mengubah bentuk komposit menjadi sesuai dengan standar spesimen pengujian *impact* ASTM A370, memotong dengan menggunakan mesin bench gerinda untuk membentuk spesimen uji *impact* dengan panjang 55 mm, tinggi 10 mm, dan lebar 10 mm



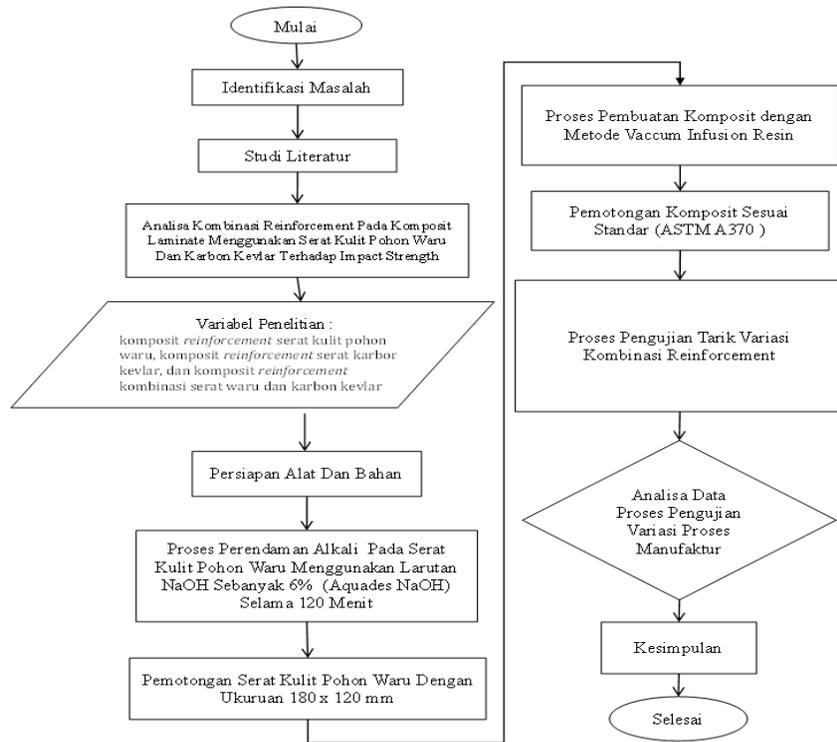
Gambar 1 Desain Spesimen Uji Impak ASTM A370



Gambar 2. Spesimen Uji Impak setelah proses pencetakan komposit dengan metode vaccum infusion resin

Adapun tahapan langkah langkah dalam melakukan proses pembuatan komposit adalah sebagai berikut :

1. Membuat cetakan komposit dengan panjang 55 mm, tinggi 10 mm, dan lebar 10 mm
2. Lapsi cetakan kaca dengan menggunakan mirror glaze sebanyak 3 kali
3. Mengukur serat karbon kevlar dan serat pohon waru dengan menggunakan mistar dan ditandai dengan spidol
4. Menggantung serat karbon kevlar sesuai ukuran yang sudah ditandai
5. Menimbang berat satu lapis serat karbon kevlar yang bertujuan agar jumlah serat yang digunakan untuk tiap komponen komposit sama
6. Untuk penuangan pertama dituang sebanyak setengah dari jumlahnya
7. Menambahkan serat karbon kevlar kedalam cetakan sebagai penguat komposit
8. Menuangkan sedikit resin ke dalam cetakan yang berisi serat karbon kevlar
9. Kemudian lapsi dengan serat kulit pohon waru, lakukan berulang ulang sesuai kebutuhan
10. Menuangkan sisa resin sebelumnya kedalam cetakan untuk menutup lapisan serat
11. Menutup bagian atas cetakan dengan plastik bagging menggunakan metode vacum infusion
12. Diamkan selama 24 jam/1 hari
13. Setelah 24 jam kemudian komposit sudah siap di angkat
14. Membuang resin yang kering diluar bentuk yang kita buat sesuai ukuran spesimen menggunakan cutter, tahap ini harus dilakukan secara hati hati agar tidak melukai tangan

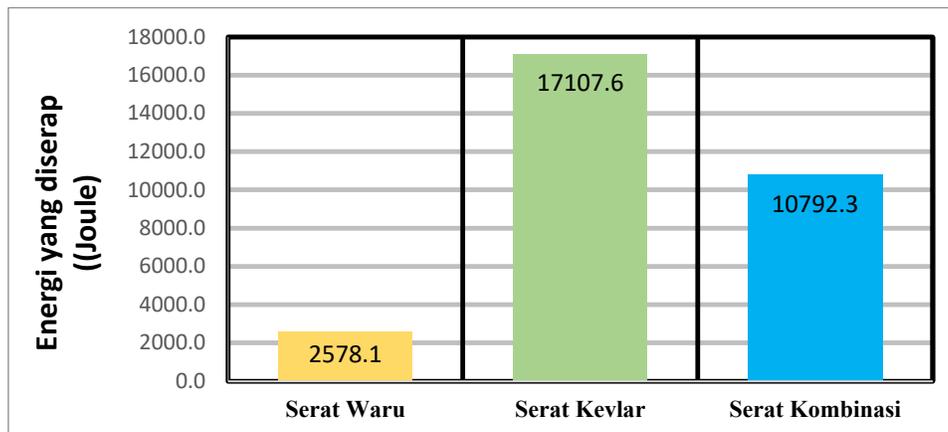


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Rata-rata Kekuatan *Impact* Komposit dengan Variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi

Dari hasil pengujian rata-rata kekuatan *impact* komposit serat kulit pohonwaru dengan variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon kevlar dapat dilihat energi *impact* rata-rata yang dihasilkan dari setiap spesimenyang dijelaskan pada gambar dibawah ini:



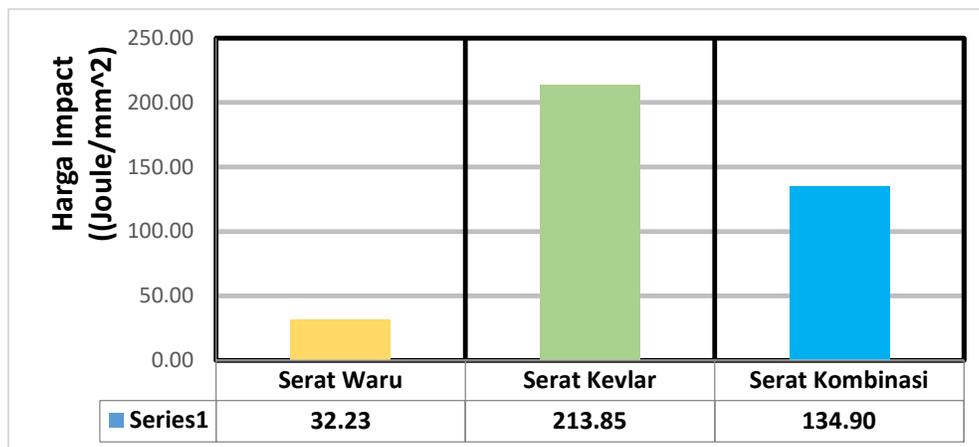
Gambar 4. Grafik Rata-rata Kekuatan *Impact* Komposit Serat dengan Variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi

Berdasarkan gambar 4. dapat dilihat bahwa komposit dengan variasi Serat kulit pohon waru mampu menyerap energi *impact* rata-rata sebesar 2578,1 *Joule*. Kemudian, komposit dengan variasi serat karbon kevlar mampu menyerap energi *impact* rata-rata sebesar 17107,6 *Joule*. Serta, untuk variasi kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon kevlar mampu menyerap energi *impact* rata-rata sebesar 10792,3 *Joule*.

Dari hasil diatas, maka komposit dengan variasi serat karbon kevlar memiliki penyerapan energi *impact* tertinggi sebesar 17107,6 *Joule*. Sedangkan komposit dengan variasi serat kulit pohon waru memiliki penyerapan energi *impact* terendah sebesar 2578,1 *Joule*. Kondisi ini dikarenakan serat karbon Kevlar memiliki tingkat kekuatan yang lebih besar dan merupakan serat sintetis bukan serat alam serta dari segi anyaman juga serat karbon Kevlar lebih rapat, namun untuk kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon kevlar masih lebih kuat daripada serat kulit pohon waru saja yang memiliki penyerapan energi *impact* sebesar 2578,1 *Joule*.

Analisa Rata-rata Harga *Impact* Komposit dengan Variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi

Dari hasil pengujian *Impact* Komposit serat dengan variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi. dapat dilihat harga *impact* rata-rata yang dihasilkan dari setiap spesimen yang dijelaskan pada gambar dibawah ini:

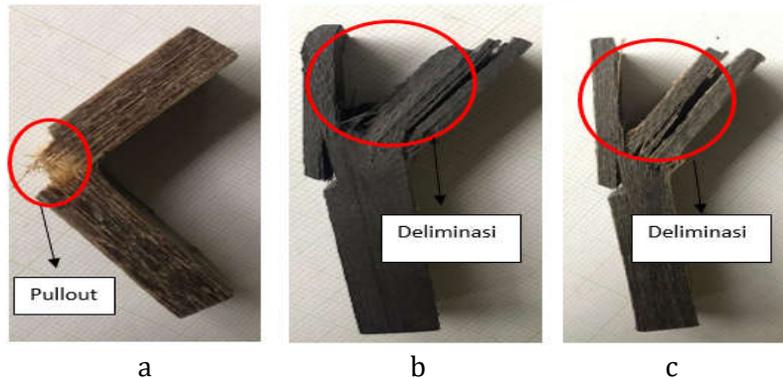


Gambar 5. Grafik Rata-rata Harga *Impact* Komposit Serat dengan Variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi komposit terhadap rata-rata harga *impact* untuk variasi serat kulit pohon waru memperoleh harga *impact* rata-rata sebesar 32,23 *Joule/mm²*. Kemudian untuk variasi serat karbon kevlar memperoleh harga *impact* rata-rata sebesar 213,85 *Joule/mm²*. Serta untuk variasi kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon kevlar memperoleh harga *impact* rata-rata sebesar 134,90 *Joule/mm²*.

Dari hasil diatas, maka komposit dengan variasi serat karbon kevlar memiliki harga *impact* rata-rata paling tinggi, yaitu sebesar 213,85 *Joule/mm²*. Sedangkan komposit dengan variasi serat kulit pohon waru memiliki harga *impact* rata-rata paling rendah yaitu 32,23 *Joule/mm²*. Kondisi ini dikarenakan serat karbon Kevlar memiliki tingkat kekuatan yang lebih besar dan merupakan serat sintetis bukan serat alam serta dari segi anyaman juga serat karbon Kevlar lebih rapat, namun untuk kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon kevlar masih lebih kuat daripada serat kulit pohon waru saja yang memiliki penyerapan energi *impact* sebesar 134,90 *Joule/mm²*.

Analisa Foto Patahan Komposit dengan Variasi Serat (a) Kulit Pohon Waru, (b) Karbon Kevlar, (c) Kombinasi



Gambar 4. 1 Foto Patahan (a) Serat kulit pohon waru, (b) Serat karbon kevlar, dan (c) Kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon Kevlar

Analisa foto patahan uji *impact* komposit diatas menunjukkan bahwa seluruh variasi tidak bisa ditentukan posisi patahan yang akan terjadi, karena pada hasil foto patahan diatas menunjukkan bahwa titik patahan tidak dapat ditentukan pada posisi mana patahan tersebut akan terjadi. Hal ini dikarenakan serat yang digunakan adalah serat yang mempunyai susunan serat panjang dan lurus, yang mengakibatkan kekuatan lapisan antar serat dipengaruhi oleh matriksnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengujian *impact* komposit variasi serat kulit pohon waru maupun kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon Kevlar tidak sebaik variasi karbon Kevlar saja, hal ini didapatkan dari total energi yang diserap paling tinggi rata-rata sebesar 17107,6 *Joule*.
2. Dari hasil pengujian *impact* komposit variasi serat kulit pohon waru maupun kombinasi serat kulit pohon waru dan karbon Kevlar tidak sebaik variasi karbon Kevlar saja, hal ini didapatkan dari harga *impact* paling tinggi rata-rata sebesar 213,85 *Joule/mm²*.
3. Berdasarkan dari pengambilan foto patahan menunjukkan bahwa seluruh variasi tidak bisa ditentukan posisi patahan yang akan terjadi, karena pada hasil foto patahan menunjukkan bahwa titik patahan tidak dapat ditentukan pada posisi mana patahan tersebut akan terjadi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kegiatan penelitian yang telah kami lakukan. Selain itu kami juga mengucapkan terima kasih kepada Program Studi S1 Teknik Mesin dan LPPM Universitas Widyagama Malang yang telah memberikan dukungan dalam kegiatan ini.

6. REFERENSI

- [1] G. E. Pramono and S. P. Sutisna, "Perbandingan Karakteristik Serat Karbon Antara Metode Manual Lay-Up dan Vacuum Infusion Dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60\%," *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [2] A. R. Fadhillah, "DESAIN POLA FIBER BERBAHAN SERAT KULIT POHON WARU (HIBISCUS TILIACEUS) BERMATRIK RESIN SINTETIS TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT," Universitas Brawijaya Malang, 2017.

- [3] A. R. Fadhillah, "KARAKTERISTIK KOMPOSIT SERAT KULIT POHON WARU (HIBISCUS TILIACEUS) BERDASARKAN JENIS RESIN SINTETIS," vol. 8, no. 2, pp. 101–108, 2017.
- [4] V. H. Hermawan, N. R. Ismail, A. Farid, and 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, pp. 25–32, 2020, doi: 10.33795/jetm.v3i02.57.
- [5] A. R. Fadhillah, D. Hermawan, and 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, pp. 111–118, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i2.1159.
- [6] A. Fadhillah, "Potensi Serat Kulit Pohon Waru sebagai Material Reinforcement Komposit," in *Book Chapter Seri 2 Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang "Inovasi Teknologi Dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan"*, 2nd ed., vol. 1, no. 1, Malang: Inteligencia Media, 2021, pp. 17–28.
- [7] A. R. Fadhillah, D. Hermawan, N. R. Ismail, and D. Framasta, "Pengaruh Jumlah Aliran Input Resin Pada Proses Vaccum Infusion Resin Terhadap Beban Dan Waktu Patah Uji Tarik Komposit Serat Kulit Pohon Waru," in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 2020, vol. 3, no. 1, pp. 525–532.
- [8] T. W. Wicaksono, A. Farid, N. R. Ismail, and A. R. Fadhillah, "Pengaruh Debit Aliran Resin Bisphenol a Lp-1Q-Ex Pada Metode Vacuum Infusion Resin Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus)," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 4, no. 01, pp. 17–24, 2021, doi: 10.33795/jetm.v4i01.71.
- [9] E. D. R. Sari, S. M. B. Respati, and A. Nugroho, "Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Serat Karbon-Resin Dengan Variasi Waktu Curing Dan Suhu Penahanan 80°C," *J. Ilm. Momentum*, vol. 16, no. 2, pp. 150–155, 2020, doi: 10.36499/mim.v16i2.3771.
- [10] D. J. P. Susila, Y. Yuliyanto, and M. Masdani, "Pengaruh Serat Karbon Terhadap Sifat Mekanik dan Topografi pada Komposit Bermatriks Polyester BQTN 157," *J. Syntax Admiration*, vol. 2, no. 7, pp. 1219–1236, 2021.