

PENGARUH FRAKSI VOLUME BAHAN PENGUAT SERAT ABACA DAN KARBON TERHADAP SIFAT TARIK KOMPOSIT HIBRID ABACA/KARBON/PMMA

Dimas Ar Rasyid^a, Harini Sosiati^a, Muh. Budi Nur Rahman^a

^a Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
dimas.ar.2015@ft.umy.ac.id

INTISARI

Serat alam telah dikembangkan sebagai bahan penguat komposit. Perkembangan komposit serat alam sudah banyak diaplikasikan diberbagai bidang industri seperti *automobile*, perkapalan, industri transportasi dan biomedis. Serat *abaca* adalah jenis serat alam yang berpotensi di bidang biomedis karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat dengan matriks terhadap kuat tarik komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA dan mengetahui korelasi perubahan nilai kuat tarik terhadap komposit *abaca*/karbon/PMMA.

Serat *abaca* dialkalisasi dengan NaOH 6% selama 36 jam dipotong 6 mm. Serat karbon direndam dengan nitrogen cair selama 10 menit dan dipotong 10 mm kemudian serat dicampur PMMA dengan rasio *abaca* dan karbon 1:1 dengan variasi fraksi volume serat dan matriks 15%, 20%, 30%, 35%. Proses fabrikasi menggunakan mesin pres dingin dengan tekanan 4,37 MPa pada suhu ruangan selama 60 menit. Seluruh spesimen komposit diuji tarik sesuai standar ASTM D638-01 dilanjutkan pengamatan patahan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Hasil penelitian komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA menunjukkan bahwa peningkatan kuat tarik telah dipengaruhi oleh meningkatnya fraksi volume yang mengarah pada peningkatan antarmuka serat dan matriks sehingga mencapai nilai optimum pada fraksi volume 30% mencapai 121.28 MPa dan modulus elastisitas 6.10 GPa. Hasil korelasi perubahan struktur patahan komposit pada fraksi volume 30% menunjukkan ikatan serat dan matriks yang baik sehingga mengurangi *fiber pull-out*.

Kata Kunci: *Abaca*, Karbon, PMMA, Fraksi Volume, Sifat Tarik, Sifat SEM.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan komposit mengarah pada bahan-bahan yang memiliki sifat seperti mudah diperoleh, kuat, terbarukan, densitas rendah, fleksibel serta dapat diuraikan secara biologi. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, komposit serat alam telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang industri seperti bidang *automobile*, perkapalan, industri transportasi dan biomedis (Muhammad & Putra, 2018), karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh lebih baik dari bahan teknik yang sudah jadi pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Muslim, 2013).

Serat alam umumnya mengandung tiga komponen penting yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin dimana kandungannya dapat dipengaruhi oleh tipe serat, usia tanaman, asal-usul serat dan metode ekstraksi (Bledzki & Gassan, 1999). Perkembangan material komposit berpenguat serat alam sangat pesat, karena material komposit berpenguat serat alam relatif lebih murah dan masa jenisnya lebih rendah dibandingkan dengan material komposit berpenguat serat sintetis seperti serat carbon dan E-Glass (John, 2008).

Penelitian tentang komposit serat alam untuk aplikasi biomedis prosthesis telah banyak dilakukan di negara maju. Jenis serat alam yang berpotensi dibidang biomedis adalah serat sisal, rosella, dan banana (*abaca fibre*) sedangkan untuk serat sintetis yang berpotensi dibidang biomedis adalah serat karbon. Sedangkan dari ketiga serat alam yang dipilih untuk penelitian ini adalah serat banana (*abaca fibre*) dikarenakan jika dilihat dari massa jenis, penyerapan air, modulus elastisitas, dan kuat tarik lebih tinggi daripada yang lainnya (Chandramohan, *et al.*, 2011). Adapun matriks polimer yang sesuai untuk kebutuhan medis diantaranya polymethyl methacrylate (PMMA), polyglycolide acid (PGA) dan polylactide acid (PLA) sebagai polimer sintetis yang memiliki kompatibilitas terhadap human tissue (Bombac, *et al.*, 2007).

Penelitian yang dilakukan oleh Sosiati, *et al.* (2019) komposit serat sisal / PMMA sebagai aplikasi biomedis dengan penambahan *polypropylene maleat-anhidrida-grafted* (MAPP) sebesar 3,5 dan 10 wt.% dapat meningkatkan kekuatan tarik dan lentur. Penambahan MAPP 5% menghasilkan peningkatan sifat mekanik yang lebih efektif dibandingkan dengan efek alkalisasi. Peningkatan yang signifikan dari sifat tarik ditunjukkan oleh efek hibridisasi sisal dan karbon dengan rasio 1:1 dan 1:2 dalam sisal / karbon / komposit PMMA. Sisal yang diperlakukan dengan alkali dan serat karbon yang diolah dengan HNO₃ menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 54,21 MPa dan modulus elastisitas 1,42 GPa.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Soemardi, *et al.* (2009) mengembangkan penggunaan bahan komposit dari serat alam yaitu serat rami untuk *socket prosthesis* atas lutut. Penggunaan bahan alam tersebut dikarenakan mempunyai sifat yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang serta banyak ditemukan di Indonesia. Pada penelitian menggunakan perbandingan fraksi volume 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Pengujian yang dilakukan mengacu ASTM D 3039/D-3039M untuk uji Tarik dan ASTM D 4255/D 4255M-83 untuk uji geser. Didapatkan hasil serat rami epoxy yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai material alternatif *socket prosthesis* atas lutut pada fraksi volume serat 40-50%.

Sampai saat ini banyak penelitian tentang pengaruh fraksi volume pada pembuatan komposit hibrid sebagai aplikasi biomedis. Namun, belum pernah dilakukan penelitian tentang pembuatan komposit sebagai alternatif baru dengan komposit hibrid serat *abaca* dan karbon sebagai *socket prosthesis* atau perangkat biomedis dengan melakukan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan mekanis kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan SEM.

2. METODE

2.1 Perlakuan Serat Abaca

Mempersiapkan serat *abaca* yang akan digunakan sepanjang 30 cm. Sebelum dicuci, serat *abaca* disisir agar mudah dibentuk. Kemudian serat *abaca* direndam dalam larutan NaOH berair (1000 mL, konsentrasi : 6 % berat) selama 36 jam. Setelah itu, serat *abaca* dibilas dengan air yang mengalir agar kotoran dari perendaman larutan NaOH hilang. Kemudian melarutkan larutan asam asetat (1000 ml, konsentrasi : 1 % berat) selama 1 jam untuk menetralkan sisa larutan NaOH yang bersifat basa pada serat *abaca*. Selanjutnya, serat *abaca* direndam dengan menggunakan aquades selama 24 jam agar serat benar-benar netral. Setelah serat *abaca* netral, kemudian dikeringkan pada suhu ruangan. Serat *abaca* disisir kembali sehingga membantu pada proses pemotongan. Terakhir serat *abaca* dipotong dengan panjang 6 mm.

2.2 Perlakuan Serat Karbon

Mempersiapkan serat karbon yang akan digunakan. Serat karbon dipotong 20 mm sesuai dengan ukuran wadah nitrogen cair yaitu termos aluminium 2,5 L. Serat karbon kemudian dimasukkan kedalam wadah yang berisi nitrogen cair yaitu termos aluminium 2,5 L selama 10 menit. Terakhir, serat karbon yang telah direndam nitrogen cair dalam termos aluminium 2,5 L dikeluarkan kemudian dikeringkan. Selanjutnya proses pemotongan serat karbon dengan panjang 10 mm.

2.3 Pembuatan Komposit

Menyiapkan serat *abaca* hasil dari alkalisasi 36 jam yang sebelumnya sudah dipotong 6 mm. Selanjutnya menyiapkan serat karbon yang sudah direndam dengan nitrogen cair. Menyiapkan PMMA dan Sc Liquid. PMMA digunakan sebagai matriks dan Sc liquid sebagai katalisnya. Menyiapkan molding atau cetakan yang sudah sesuai dengan standar ASTM D638-01. Molding atau cetakan dilapisi dengan Mirror Glaze agar cetakan dan material adonan fiber tidak saling menempel. Setelah itu melakukan proses pencampuran serat *abaca* dan karbon. Hasil pencampuran serat *abaca* dan karbon kemudian disusun pada molding atau cetakan. Susunan lapisan tersebut terdiri dari PMMA-serat *abaca*/karbon-PMMA. Setelah dilakukan penyusunan, kemudian diletakkan pada alat cold press. Kemudian ditekan pada tekanan fluida 100 kg/cm^3 dan tekanan pada spesimen 4,370 Mpa selama ± 60 menit. Setelah dilakukan proses press selama 60 menit, cetakan diambil dari alat cold press. Selanjutnya hasil spesimen komposit dilepas dari cetakan. Hasil cetakan tersebut dibersihkan dari kotoran yang menempel.

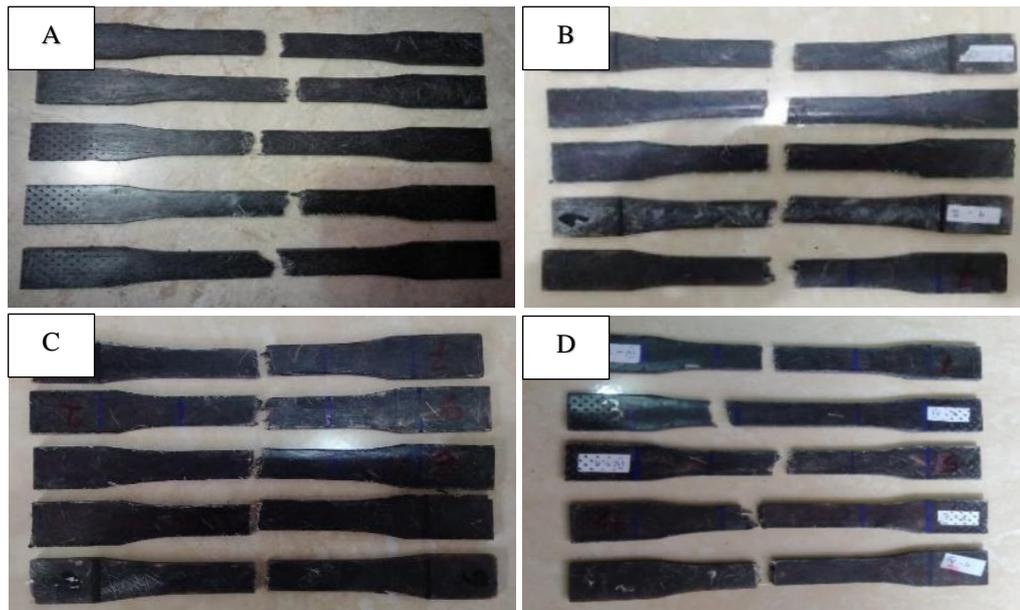
2.4 Prosedur Uji Tarik Komposit

Memilih spesimen yang sesuai dengan dimensi ASTM D638-01. Memberikan tanda/label pada setiap spesimen yang akan diuji agar terhindar dari kekeliruan pada saat pengujian tarik. Mengukur lebar dan tebal spesimen. Menghidupkan mesin Universal Testing Machine (UTM) dengan merk SANS type SHT – 4106 yang berkapasitas 100 ton, dan berasal dari China. Pasang spesimen pada tempat yang disediakan, klik tombol yang berwarna biru untuk menjepit spesimen bagian atas, dan klik tombol warna kuning untuk menjepit spesimen bagian bawah. Input tebal dan panjang spesimen, kemudian mengatur kecepatan pengujian tarik yaitu sekitar 10 mm/menit. Spesimen mulai diuji tarik hingga putus oleh mesin. Didapatkan data beban pengujian tarik komposit. Mengolah data dan hasil pengujian tarik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA didapatkan tiga parameter data kekuatan mekanik komposit. Parameter tersebut yaitu kekuatan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas. Berikut adalah foto patahan hasil pengujian tarik pada Gambar 3.1.

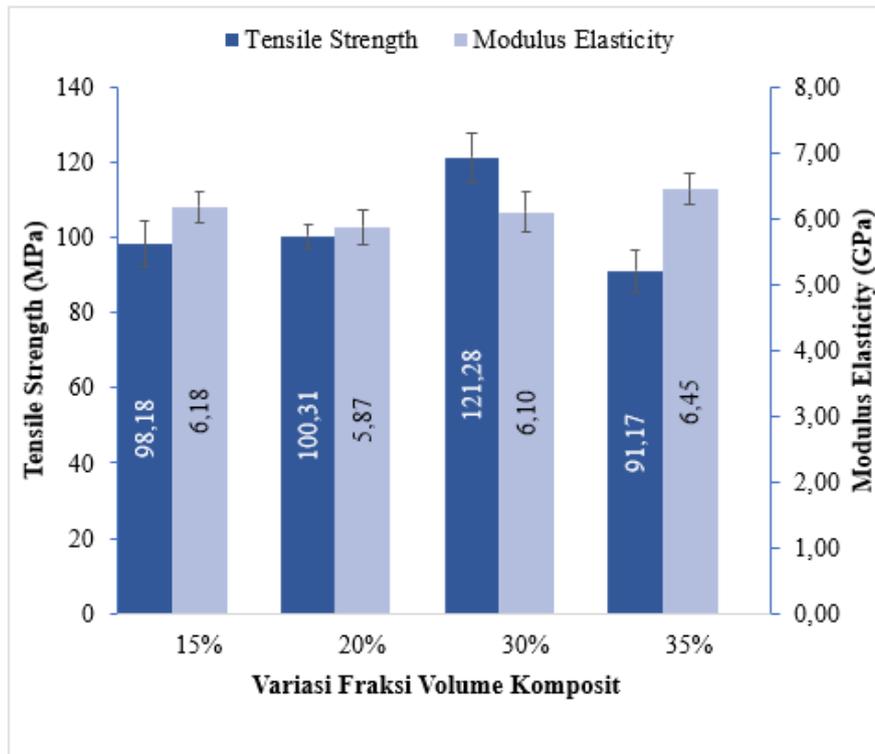


Gambar 3.1. Hasil Pengujian Tarik Komposit

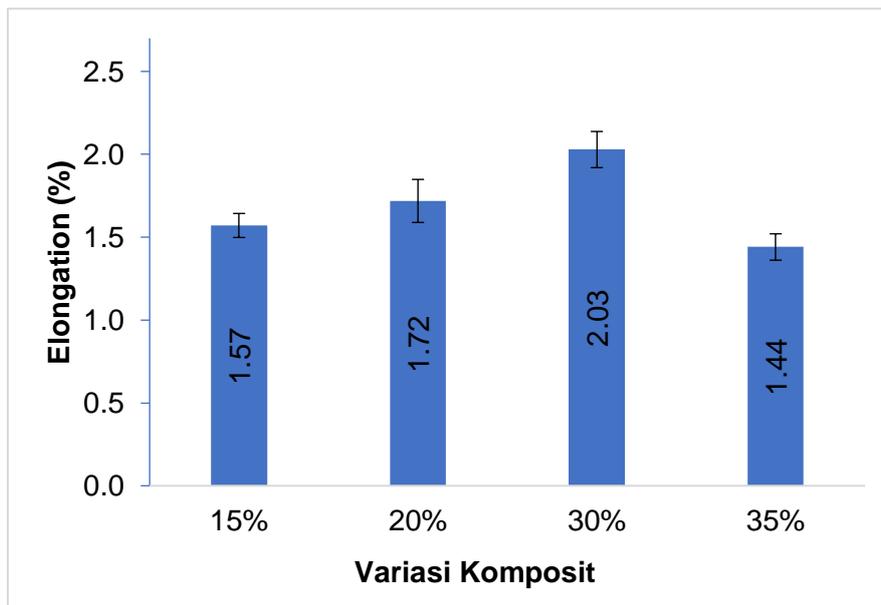
Hasil pengujian tarik komposit dapat dilihat pada Gambar 3.1. Terdapat patahan dibagian pinggir yang disebabkan saat proses fabrikasi distribusi serat tidak merata. Hal tersebut dapat menyebabkan turunnya nilai kuat tarik pada komposit. Struktur morfologi yang terlihat difoto SEM masih terdapat fiber pull-out.

3.2 Hasil Analisa Pengujian Tarik

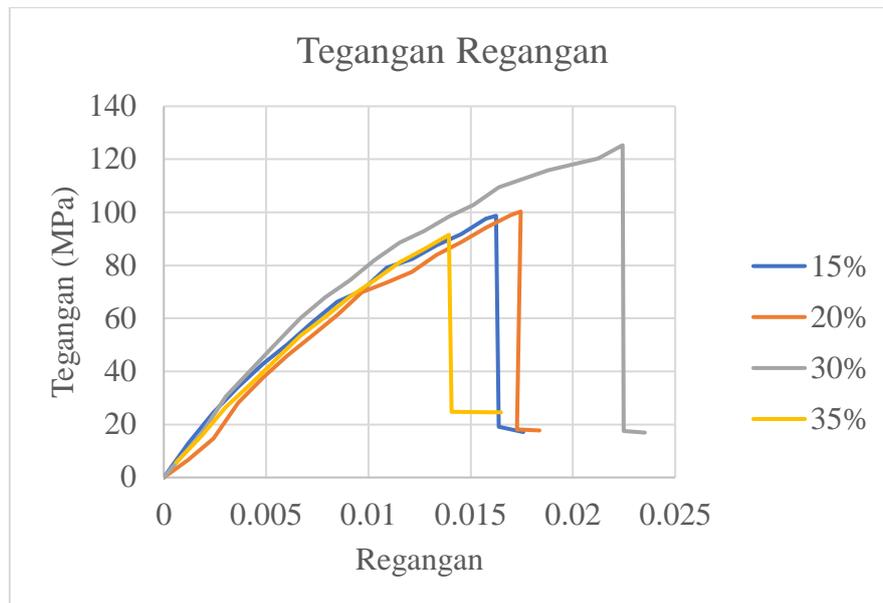
Hasil analisa dan pengolahan data pengujian tarik dapat diketahui nilai optimum pada variasi fraksi volume 30%. Hubungan kuat tarik komposit terhadap variasi rasio serat ditunjukkan pada Gambar 3.2. Nilai elongasi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.3. dan hubungan tegangan tarik dengan regangan ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.2. Diagram Batang Nilai Pengujian Tarik dan Modulus Elastisitas



Gambar 3.3. Nilai Elongasi Spesimen Pengujian Tarik



Gambar 3.4. Hubungan Tegangan Tarik dan Regangan

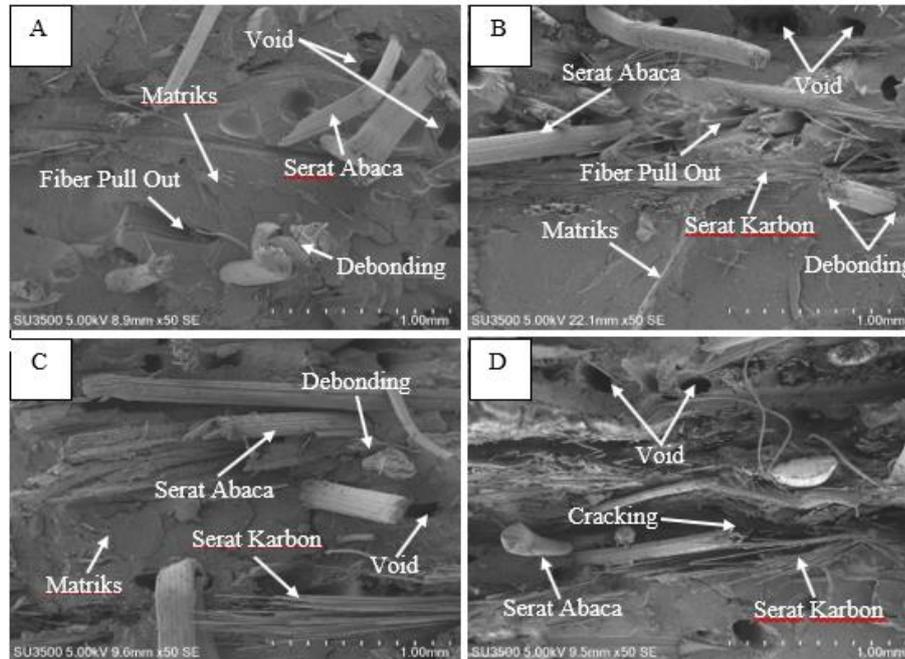
Berdasarkan Gambar 3.2. menunjukkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas optimum pada variasi 30% yang artinya bahwa dari semua variasi fraksi volume nilai pengujian kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi 30%. Nilai pengujian kuat tarik dan modulus elastisitas pada fraksi volume 30% adalah 121.28 MPa dan 6.10 GPa. Pada variasi fraksi volume 35% mengalami penurunan yaitu 91.17 MPa dan 6.45 GPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat, kepadatan komposit cenderung lebih tinggi tetapi dapat menurunkan kekuatan tarik.

Penelitian yang telah dilakukan Asumani, et al, (2012) tentang efek perlakuan alkali-silan pada sifat tarik dan lentur serat komposit polipropilen kenaf non-anyaman yang diperkuat menghasilkan bahwa fraksi volume sebesar 30% massa serat dengan konsentrasi NaOH 5% selama 24 jam memiliki kuat tarik paling tinggi sekitaran 40MPa. Pada penelitian ini menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Hariyanto, 2009; Asumani, et al, 2012; Sosiati, et al, 2019).

Berdasarkan Gambar 3.4. hubungan tegangan tarik dan regangan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kandungan serat *abaca* dan karbon pada komposit menyebabkan material lebih kaku/getas. Akan tetapi, dengan menurunnya kandungan serat *abaca*/karbon dan meningkatnya matriks menyebabkan material menjadi tidak kuat dan getas.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA dapat digunakan sebagai bahan alternatif biomedis. Hal ini dikarenakan tingginya nilai kuat tarik dan modulus elastisitas yang didapatkan pada komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA. Selanjutnya hasil pengujian tarik ini akan dianalisa berdasarkan pengamatan struktur patahan hasil pengujian tarik komposit pada pengujian SEM.

3.3 Hasil Analisa Pengujian SEM



Gambar 3.5. Struktur patahan uji tarik komposit dengan SEM (A) 15%, (B) 20%, (C) 30%, dan (D) 35%.

Pada gambar hasil uji SEM dapat dilihat persebaran serat (*abaca* dan karbon) pada matriksnya cenderung mengumpul pada bagian tengah komposit. Hal ini disebabkan proses fabrikasi menggunakan metode satu lapis matriks-filler-matriks. Selain itu persebaran serat tidak merata karena metode fabrikasi dengan *hand-lay-up*. Meningkatnya rasio fraksi volume serat mengurangi rasio pada penguat maka menyebabkan peningkatan void dan menurunkan ikatan antar serat dan matriks. Pada Gambar 3.5. (C) menunjukkan persebaran serat sangat baik dan merata. Hal ini sesuai pada hasil pengujian tarik yang didapatkan nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume 30%. Selain itu fiber pull-out pada komposit berkurang karena serat sepenuhnya bercampur dengan matriks PMMA.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kuat tarik telah dipengaruhi oleh meningkatnya fraksi volume yang mengarah pada peningkatan antarmuka serat dan matriks sehingga mencapai nilai optimum pada fraksi volume 30% mencapai 121.28 MPa dan modulus elastisitas 6.10 GPa dengan perbandingan fraksi volume komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA 15%, 20%, 30%, dan 35%.
2. Hasil korelasi perubahan struktur patahan komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA, dengan pengaruh fraksi volume 30% menunjukkan bahwa ikatan serat dan matriks yang merata, sehingga mengurangi fiber pull-out.
 Penelitian ini menunjukkan perubahan komposisi kimia dan peningkatan ikatan komposit dengan perbandingan fraksi volume berpengaruh terhadap kuat tarik komposit hibrid *abaca*/karbon/PMMA sebagai bahan alternatif biomedis.

REFERENSI

- Asumani, O. M. L., Reid, R. G., & Paskaramoorthy, R. (2012). The effects of alkali-silane treatment on the tensile and flexural properties of short fibre non-woven kenaf reinforced polypropylene composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43(9), 1431-1440.
 Available at: <https://artikel-teknologi.com/pengertian-material-komposit/>
- Bledzki, A. K., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in polymer science*, 24(2), 221-274.
- Bombac, D., Brojan, M., Fajfar, P., Kosel, F., & Turk, R. (2007). Review of materials in medical applications Pregled materialov v medicinskih aplikacijah. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 54(4), 471-499.
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2011). A review on natural fibers. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 8(2), 194-206.
- Hariyanto, A. (2009). Pengaruh fraksi volume Komposit Serat Kenaf dan Serat Rayon Bermatrik Ploiesti terhadap Kekuatan Tarik dan Impak, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- John, M. J., & Anandjiwala, R. D. (2008). Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites. *Polymer composites*, 29(2), 187-207.
- Muhammad, M., & Putra, R. (2018). Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(2), 63-72.
- Muslim, J., Sari, N. H., & Sulistyowati, E. D. (2013). Analisis Sifat Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hibryd Serat Lidah Mertua Dan Karung Goni Dengan Filler Abu Sekam Padi 5% Bermatrik Epoxy. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 3(1).
- Soemardi, T. P., Widjajalaksmi, K., & Irawan, A. P. (2009). *Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Soket Prosthesis*.
- Sosiati, H., Anugrah, R., Binangun, Y. A., Rahmatullah, A., & Budiyanoro, C. (2019). Characterization of tensile properties of alkali-treated kenaf/polypropylene composites. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2097, No. 1, p. 030113). AIP Publishing.
- Sosiati, H., Binangun, Y.A., Utama, A.P., Sudarisman. (2019). The Mechanical Properties of Sisal/PMMA and Sisal/Carbon/PMMA Biomedical Composites. Yogyakarta.