

# Pengaruh Rasio Serat Terhadap Sifat Tarik Komposit Hibrida Karbon/Abaka/PMMA Sebagai Bahan Alternatif Socket Prosthesis

Marizal<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>a</sup>, Muh. Budi Nur Rahman<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
 Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia  
 Telp. 0274-387656 Fax. 0274-387646  
 e-mail: [marizal.2015@ft.umy.ac.id](mailto:marizal.2015@ft.umy.ac.id)

---

## Abstrak

Di dunia saat ini, banyak *disability* yang memerlukan bantuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Material prosthesis, seperti logam, namun hal itu belum memenuhi persyaratan dikarenakan mudah terkorosi, berat dan harganya mahal. Oleh karena itu para *engineer* mulai mengembangkan inovasi material dibidang biomedis, salah satunya komposit hibrida yang bersifat ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposit hibrida karbon/abaka/*Polymethyl Metacrylate* (PMMA) bisa digunakan sebagai bahan alternatif *socket prosthesis* maupun perangkat biomedis.

Penelitian ini, komposit hibrid karbon/abaka/PMMA difabrikasi dengan metode *hand-lay-up*, *cold press molding* dengan mengepress pada tekanan 2,18 MPa pada spesimen selama 60 menit. Perbandingan serat karbon dan serat abaka (1:3, 1:2, 1:1 dan 2:1), dan fraksi volume serat 20%. Uji tarik komposit mengacu pada standar ASTM D638. Kemudian karakterisasi struktur patahan uji tarik komposit menggunakan *Scanning Electron Mikroscope* (SEM) yang disupport dengan hasil gambar uji optik makro.

Hasil penelitian menunjukkan sifat tarik dan modulus relatif meningkat dengan meningkatnya rasio serat karbon/abaka. Rasio karbon/abaka 1:3 nilai kuat tarik, modulus elastisitas masing-masing sebesar 73,28 MPa dan 4,01 GPa. Rasio karbon/abaka 1:2 nilai kuat tarik, modulus elastisitas masing-masing sebesar 81,88 MPa dan 4,49 GPa. Rasio karbon/abaka 1:1 nilai kuat tarik, modulus elastisitas masing-masing sebesar 100,31 MPa dan 5,87 GPa. Rasio karbon/abaka 2:1 memiliki kuat tarik, modulus elastisitas masing-masing sebesar 105,71 MPa dan 6,19 GPa sebagai nilai maksimum pada penelitian ini. Hasil gambar optik makro dan SEM struktur patahan komposit hibrida rasio serat karbon/abaka 1:3 menunjukkan *fiber pull-out* relatif ada hal ini menurunkan sifat tarik pada komposit tetapi pada rasio serat 2:1 *fiber pull-out* relatif berkurang dan dapat meningkatkan sifat tarik pada komposit.

Kata kunci: serat abaka, serat karbon, komposit hibrida, sifat tarik.

---

## 1. PENDAHULUAN

Di dunia saat ini banyak *disability* yang memerlukan bantuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Beberapa material sudah dilakukan dalam pembuatan prosthesis, seperti logam. Namun hal itu belum memenuhi persyaratan dikarenakan logam mudah terkorosi, berat dan harganya mahal. Oleh karena itu para *engineer* mulai mengembangkan inovasi material dibidang biomedis, salah satunya komposit hibrida. Komposit hibrida adalah penggabungan serat sintetis dan serat alam untuk memperoleh sifat mekanis yang baik. Dikarenakan serat sintetis memiliki sifat yang sangat kuat, sedangkan serat alam memiliki sifat kuat, rendah biaya, ringan dan ramah lingkungan (Ticoalu, 2010).

Penelitian tentang komposit serat alam untuk aplikasi biomedis telah banyak dilakukan di negara maju. Jenis serat alam yang berpotensi dibidang biomedis adalah serat sisal,

reosela, dan abaka (Chandramohan & Marimuthu, 2011). Adapun serat sintetis dan matriks yang berpotensi dibidang biomedis diantaranya serat karbon dan matriks *polymethyl methacrylate* (PMMA), *polyglycolide acid* (PGA) dan *polylactide acid* (PLA) sebagai matriks polimer sintetis yang aman bagi manusia (Bombac, Brojan, Fajfar, Kosel, & Turk, 2007). Serat abaka merupakan serat alam yang mempunyai sifat hidrofilik sedangkan matriks polimer bersifat hidrophobik. Hal ini menyebabkan lemahnya ikatan antara matriks dengan serat, serta menurunkan sifat mekanik dari komposit tersebut (Anugrah, 2017). Kelemahan ini dapat diatasi dengan memodifikasi permukaan serat menggunakan metode alkali NaOH 6% selama 36 jam sebagai nilai optimum karena meningkatkan sifat mekanik pada serat alam yang telah dilaporkan oleh (Sosiati, Anugrah, Binangun, Ramahtullah, & Budiyanoro, 2019).

Komposit dengan *filler* serat sintetis yang memiliki sifat mekanik yang tinggi, tahan terhadap kelembaban air. Akan tetapi memiliki kekurangan serat sintetis sulit diperbarui dan harga yang mahal. Untuk meminimalisir kelemahan dari masing-masing *filler*, dapat dilakukan kombinasi *filler* serat alam dan serat sintetis pada satu matriks atau biasa disebut komposit hibrida. Penggabungan serat abaka dan karbon dipilih karena material tersebut memiliki potensi sebagai perangkat biomedis yang aman bagi manusia.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait komposit serat alam pada bidang biomedis seperti yang dilakukan Irawan, et al., (2009) tentang komposit laminate rami epoksi sebagai bahan alternatif *socket prosthesis* menghasilkan kuat tarik 80 MPa dan modulus elastisitas 8,45 GPa. Selain itu penelitian yang lain dilakukan oleh Irawan & Sukania (2012) tentang *tensile strength and impact strength of bamboo fiber reinforced epoxy composite as alternative materials for above knee prosthetic socket* menghasilkan kuat tarik mencapai 81,06 MPa dan modulus elastisitas 8,95 GPa. Penelitian yang terkait komposit polimer PMMA dengan serat karbon yang digabungkan dengan serat sisal sebagai perangkat biomedis juga telah dilakukan oleh Sosiati, et al. (2019) dimana hasil kuat tarik memiliki nilai sebesar 54,21 MPa dan modulus elastisitas 1.42 GPa.

Akan tetapi penelitian mengenai pembuatan komposit sebagai bahan alternatif baru dengan komposit hibrida serat karbon dan serat abaka belum pernah dilaporkan atau diteliti sebelumnya sebagai bahan alternatif *socket prosthesis* maupun perangkat biomedis. Oleh karena itu, penelitian ini membahas pembuatan komposit hibrida serat karbon dengan serat abaka, matriks yang digunakan PMMA dengan komposisi matriks dan serat 80%:20% (%berat). Pembuatan komposit menggunakan rasio serat karbon/abaka (1:3, 1:2, 1:1 dan 2:1). *Treatment* karbon menggunakan nitrogen cair selama 10 menit dan dipotong sepanjang 10 mm. Serat abaka dialkalisasi NaOH dengan konsentrasi 6% selama 36 jam dengan panjang 6 mm untuk mengetahui nilai kekuatan mekanis komposit karbon/abaka/PMMA dilakukan pengujian tarik. Hasil dari pengujian tarik kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan uji optik dan SEM.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serat abaka, serat karbon dan PMMA. Serat abaka dibeli dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas), Malang, Jawa Timur. Serat karbon dengan kuat tarik dan modulus masing-masing 4,9 GPa dan 250 GPa dibeli di Hobbyrover, China. Sedangkan PMMA (ISO 1567 Type II Class I) diberi di Toko Dental Jaya, Indonesia.

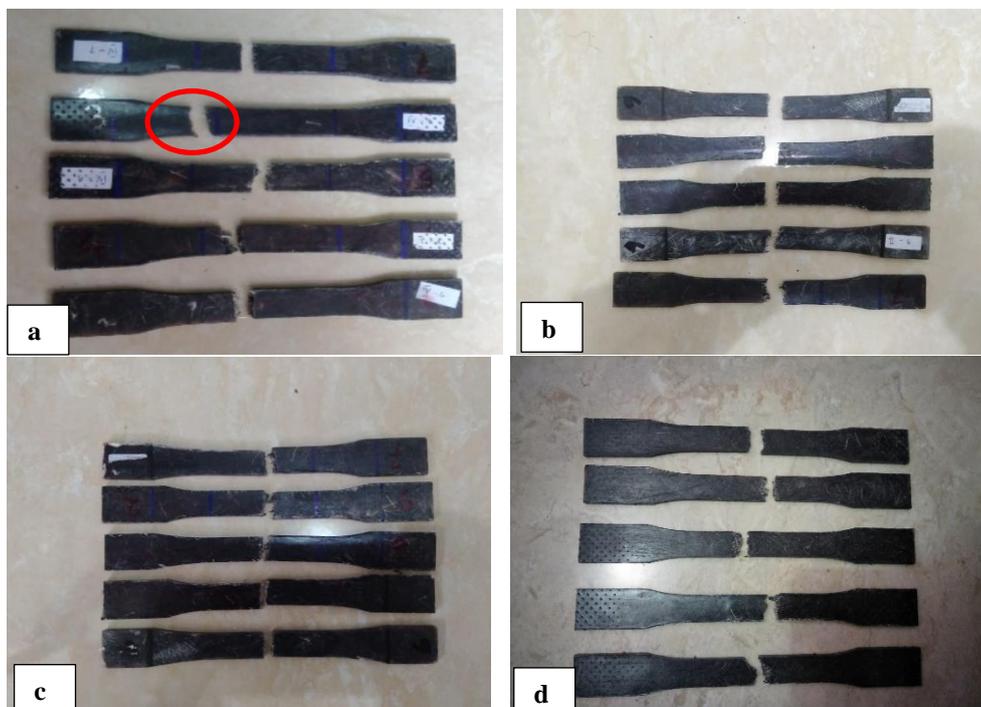
Pertama serat abaka dicuci bersih dengan air mengalir dan dikeringkan didalam oven pada suhu kurang lebih 100°C selama 30 menit. Kemudian serat abaka dialkalisasi dalam larutan 6% NaOH pada suhu ruangan selama 36 jam (Sosiati et al 2019) dan dinetralkan dengan larutan 1% asam asetat. Untuk perlakuan terhadap serat karbon dilakukan dengan perendaman serat karbon dalam nitrogen cair (*liquid N<sub>2</sub>*) selama 10 menit (Sosiati et al 2018).

Setelah serat karbon dan abaka diberi perlakuan, selanjutnya dipotong masing-masing sepanjang 10 mm dan 6 mm dan disiapkan untuk fabrikasi komposit dengan fraksi volume serat (abaka dan karbon) 20%. Sedangkan serat karbon dan serat abaka divariasi dengan perbandingan 1:3, 1:2, 1:1 dan 2:1. Proses fabrikasi komposit dilakukan menggunakan *cold press molding* dan metode *hand lay-up* dengan tekanan 2,18 MPa selama 60 menit. Semua specimen komposit yang dihasilkan, diuji tarik dengan mengacu pada ASTM D638. Selanjutnya *scanning electron microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengkarakterisasi permukaan patahan hasil uji tarik dan menganalisis perubahan nilai sifat tarik specimen komposit. Selain itu, untuk mengetahui apakah produk komposit yang dihasilkan dari penelitian ini dapat direkomendasikan sebagai bahan alternatif perangkat biomedis (prosthesis), maka dilakukan simulasi terhadap nilai sifat tarik komposit menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019 dan Nastran in CAD 2019.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Tarik Komposit

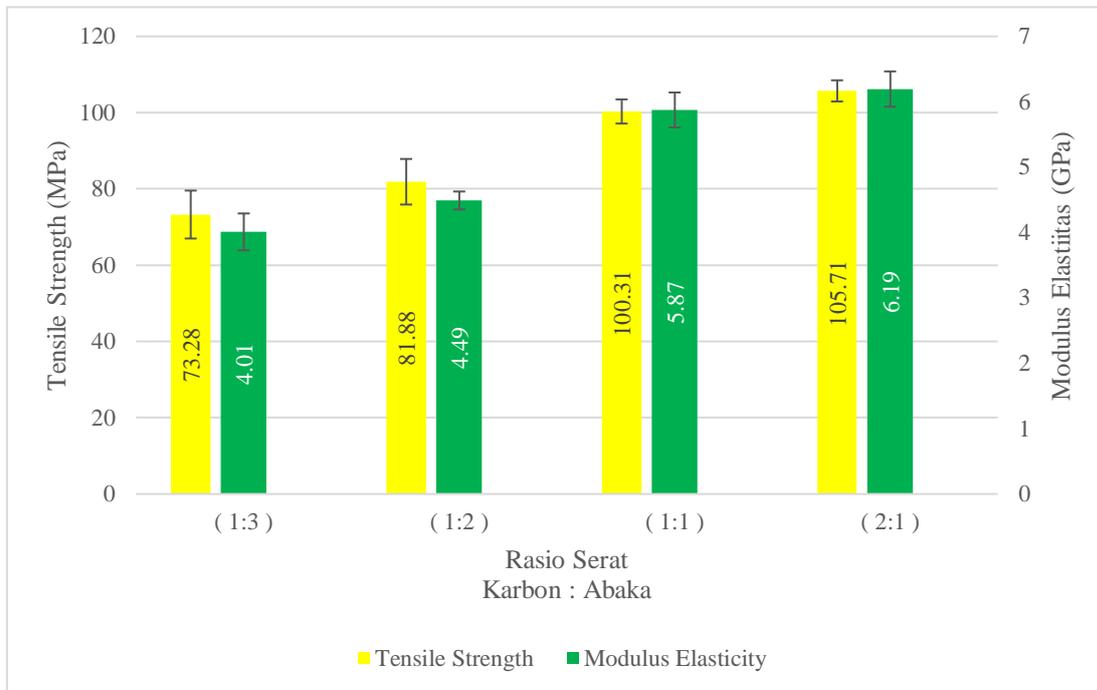
Pada pengujian tarik komposit hibrid abaka/karbon/PMMA didapatkan 3 parameter data kekuatan mekanik komposit yaitu kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas. Penelitian ini menggunakan 3 parameter tersebut yaitu kuat tarik, modulus elastisitas dan regangan (elongation %). Berikut adalah foto patahan hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Hasil pengujian tarik komposit karbon/abaka (a) 1:3, (b) 1:2, (c) 1:1 dan (d) 2:1

Hasil pengujian tarik komposit yang terlihat pada Gambar 1 menunjukkan hasil patahan berada ditengah tetapi terdapat satu spesimen yang hasil patahannya berada ditepi disebabkan dalam proses fabrikasi distribusi serat tidak merata sehingga menghasilkan patahan dibagian tepi. Hal ini dapat menyebabkan turunnya nilai kuat tarik pada komposit dan struktur morfologi yang terlihat di foto SEM masih terdapat *pull-out*.

### 3.2 Hasil Analisa Uji Tarik

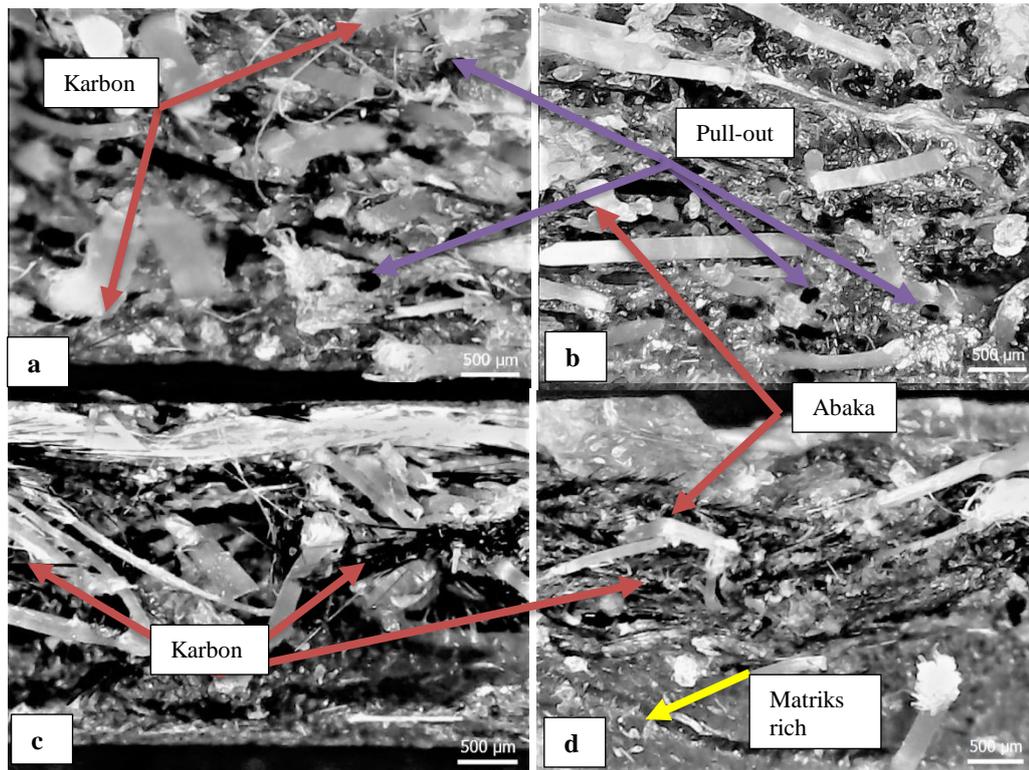


Gambar 2 Diagram batang nilai uji tarik dan modulus elastisitas

Grafik hubungan kuat tarik terhadap rasio serat mengalami peningkatan dikarenakan dengan banyaknya karbon kuat tarik terus meningkat yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dengan mencapai kuat tarik 105,71 MPa dan modulus elastisitas 6.19 GPa. Beberapa penelitian sebelumnya terkait komposit sebagai bahan alternatif *socket prosthesis* maupun perangkat biomedis (Irawan et al., 2009; Irawan dan Sukania, 2012; Sosiati et al., 2019) menghasilkan sifat tarik tinggi. Akan tetapi penelitian ini menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Modulus elastisitas pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Irawan et al., 2009; Irawan dan Sukania, 2012) terkait bahan alternatif *socket prosthesis* relatif tinggi yaitu 8,45 GPa dan 8,95 GPa menyebabkan material komposit mudah getas. Jika dibandingkan dengan standar OttoBock seperti yang dilakukan oleh (Irawan et al., 2019) dalam pembuatan prosthesis nilai kuat tarik sebesar 67 MPa, hasil penelitian ini sudah memenuhi standar.

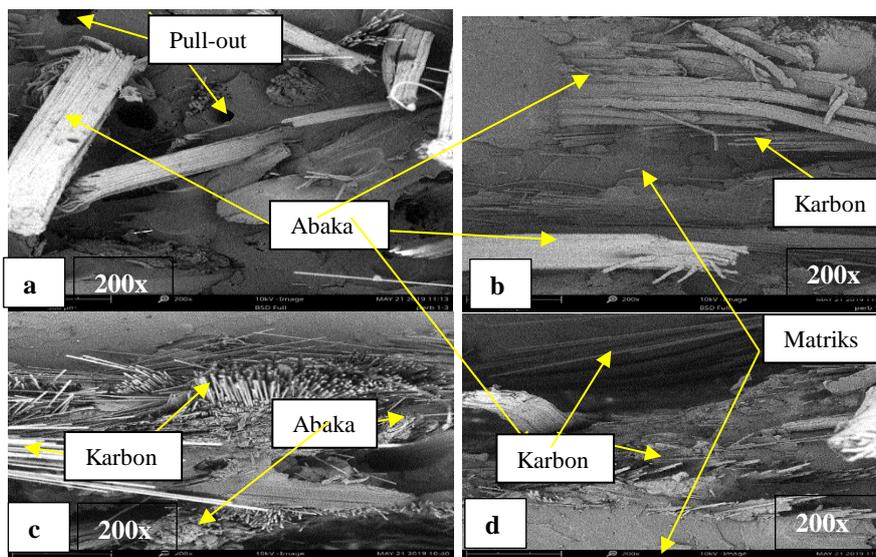
Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposit hibrida karbon/abaka/PMMA dapat menjadi rekomendasi bahan alternatif *socket prosthesis*. Selanjutnya hasil akan dianalisa mengenai kuat tarik komposit hibrida karbon/abaka/PMMA berdasarkan pengamatan struktur patahan hasil uji tarik komposit karbon/abaka/PMMA pada pengujian optik dan SEM.

### 3.3 Hasil Analisa Uji Optik Makro



Gambar 3 Hasil Uji Optik (a) karbon/abaka 1:3, (b) karbon/abaka 1:2, (c) karbon/abaka 1:1 dan (d) karbon/abaka 2:1

Pada Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan serat abaka lebih dominan jumlahnya dari pada serat karbon, hal ini sesuai dengan rasio serat yang telah dihitung. Namun masih adanya *fiber pull-out* pada hasil patahan uji tarik, serat tidak mengikat pada matriks disebabkan beberapa faktor yaitu pada fabrikasi masih menggunakan *hand-lay-up* (manual) dalam persebaran serat dan matirks PMMA tidak sepenuhnya membasahi serat. Pada Gambar 3 (c) dan (d) menunjukkan persebaran serat sangat baik dan merata sesuai rasio serat. *Fiber pull-out* relatif berkurang yang terjadi pada komposit dikarenakan matriks PMMA membasahi sepenuhnya serat. Hasil uji optik makro didukung oleh penglihatan pada SEM dengan perbesaran 200x yang terlihat pada Gambar 4 sebagai berikut



Gambar 4 Hasil Uji SEM (a) karbon/abaka 1:3, (b) karbon/abaka 1:2, (c) karbon/abaka 1:1 dan (d) karbon/abaka 2:1

### 3.4 Hasil Simulasi Desain

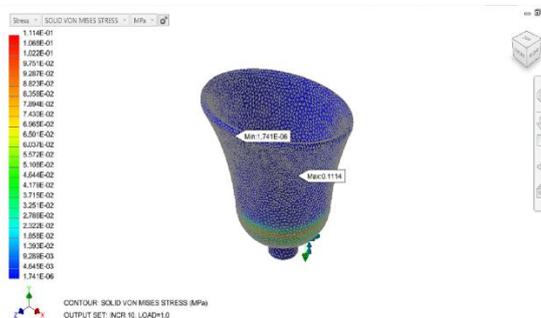
Pada hasil uji tarik komposit kemudian disimulasikan melalui aplikasi perangkat lunak Inventor 2019 dan Nastran In-CAD 2019 yang terlihat pada Gambar 5 untuk desain *socket prosthesis*, Gambar 6 hasil simulasi *displacement*, Gambar 7 hasil *von Mises stress* sebagai berikut.



Gambar 5 3D desain socket



Gambar 6 3D simulasi *displacement*



Gambar 7 3D simulasi *von Mises*

Dari simulasi, desain mengalami *displacement* sebesar sebesar 1,89 mm dimana hasil ini berada dibawah standar *displacement* prosthesis sebesar 3,5 mm (Henrikson et al., 2018) setelah menerima beban arah sumbu Y sebesar 1000 N. Kemudian hasil simulasi *von Mises stress* pada desain sebesar 1,11 MPa dimana hasil ini berada dibawah tegangan luluh sebesar 85,62 MPa yang membuat desain ini aman digunakan

Dapat disimpulkan bahwa material komposit hibrida karbon/abaka/PMMA yang telah dilakukan menghasilkan kuat tarik tinggi dan sebagai rekomendasi bahan alternatif pembuatan *socket prosthesis*.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dipenelitian ini:

1. Pada penelitian komposit hibrid abaka/karbon/PMMA berhasil di fabrikasi dengan rasio serat karbon/abaka (1:3, 1:2, 1:1 dan 2:1) dengan metode *hand-lay-up* pada *cool press molding* pada tekanan 2,18 MPa selama 60 menit.
2. Pada penelitian komposit hibrid abaka/karbon/PMMA dengan rasio serat karbon/abaka 1:3, 1:2, 1:1 dan 2:1 telah menghasilkan nilai sifat tarik yang relatif tinggi. Perbandingan serat karbon dan abaka 2:1 sebesar 105,71 MPa merupakan nilai maksimum pada penelitian ini.
3. Hasil patahan komposit pada gambar SEM berkorelasi terhadap sifat mekanis dikarenakan banyaknya *pull-out* membuat nilai kuat tarik turun dan semakin semakin berkurangnya *pull-out* membuat nilai kuat tarik meningkat
4. Penelitian ini dapat membantu para peneliti sebelumnya maupun selanjutnya di bidang *bio-composite* (biomedis) dan rekomendasi sebagai bahan alternatif pembuatan prosthesis dikarenakan standar pembuatan prosthesis pada OttoBock yaitu sifat tarik sebesar 67 MPa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, R. D. (2017). Pengaruh Modifikasi Permukaan Serat Terhadap Sifat Tarik Komposit Kenaf/Polipropilen. Yogyakarta: UMY.
- Binangun, Y. A. (2018). Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Sisal/Polymethyl Methacrylate (PMMA) Dengan Dan Tanpa Penambahan Maleic Anhydrite Grafted Polypropylene (MAPP). Yogyakarta: UMY.
- Bombac, D., Brojan, M., Fajfar, P., Kosel, F., & Turk, R. (2007). Review of Material in Medical Applications. *Materials and Goenviroment*, 54(4), 471-499.
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2011). Biocomposite Material Based on Biopolymer and Natural Fibers-Contribution as Bone Implant. *Int. Journal of Adv. Sci. Appl. Res*, 8(2), 009-012.
- Irawan, A. P., & Sukania, I. W. (2012). Tensile And Impact Stength of Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composites As Alternative Materials For Above Knee Prosthetic Socket. *International Conference on Sustainable Technology Development*, 109-115.
- Irawan, A. P., Soemardi, T. P., Widjajalaksmi, K., & Reksoprodjo, A. H. (2009). Komposit Laminat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Socket Prosthesis. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1), 41- 45.
- Sosiati, H., Anugrah, R., Binangun, Y. A., Ramahtullah, A., & Budiyanoro, C. (2019). Characterization Of Tensile Propertiesof Alkali-Treated Kenaf/Polypropylene Composites. *AIP Publishing*(030113), 1-7.
- Sosiati, H., Binangun, Y. A., Utama, A. P., & Sudarisman. (2019). The Mechanical Properties of Sisal/PMMA and Sisal/Carbon/PMMA Biomedical Composites. *to be published in Key Engineering Materials*, 1013-9826.
- Ticoalu, A. (2010). A Review Of Current Development In Natural Fiber Composite For Structural And Infrastructure Applications. *Proceedings of the Southern Region Engineering Conference*. Retrieved from <http://eprints.usq.edu.au/9253>