

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Pengaruh Jenis Serat Terhadap Sifat Bending dan *Water Absorption* Komposit Hibrida Bermatriks *High Density Polyethylene* (HDPE)

Judul Naskah Publikasi: Pengaruh Jenis Serat Terhadap Sifat Bending dan *Water Absorption* Komposit Hibrida Bermatriks *High Density Polyethylene* (HDPE)

Nama Mahasiswa: Fariz Abdul Rosyid

NIM: 20150130136

Pembimbing 1: Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng.

Pembimbing 2: Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., Ph.D.

Hal yang dimintakan persetujuan \*:

<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....

\*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai

  
Tanda Tangan  
Fariz Abdul Rosyid

Tanggal 23-7-2019

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

  
Tanda Tangan  
Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng.

Tanggal 23-7-2019

  
Tanda Tangan  
Berli Paripurna Kamel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

Tanggal 26-7-2019

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

# Pengaruh Jenis Serat Terhadap Sifat Bending dan *Water Absorption* Komposit Hibrida Bermatriks *High Density Polyethylene* (HDPE)

Fariz Abdul Rosyid<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>a</sup>, Sudarisman<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,  
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183  
farisdulrosyid@gmail.com

---

## Abstrak

Komposit hibrida serat sisal dan abaka dengan serat karbon diperkuat *High Density Polyethylene* (HDPE) merupakan kandidat komposit perangkat biomedis karena *biocompatible*, murah dan memiliki kekuatan mekanis tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat komposit hibrida abaka/sisal/karbon/HDPE dengan memvariasikan fraksi volume serat hibrida abaka/sisal/karbon yaitu (3 : 0 : 1), (3 : 3 : 2), dan (0 : 3 : 1). Dimana serat sisal dan abaka dialkalisasi dengan NaOH 6% selama 36 jam yang dipotong 6 mm dan serat karbon perlakuan nitrogen cair selama 10 menit dipotong 15 mm. Fabrikasi komposit dengan metode hand lay up, penataan serat dan matriks menggunakan metode lamina, dengan mesin press panas pada suhu 135-140 °C dan tekanan 1,4498 MPa. Fraksi volume serat dan matriks yaitu 20 : 80 % berat, perbandingan serat sisal/abaka/karbon sesuai dengan variasi yang ditentukan. Pengujian *3 point bending* berdasarkan ASTM D790 dan pengujian *water absorption* berdasarkan ASTM D570, karakterisasi foto makro struktur patahan bending menggunakan mikroskop optik. Hasil dari penelitian menunjukkan variasi hibrida serat sisal/karbon (3:1) mempunyai kekuatan bending serta modulus elastisitas tertinggi yaitu 45,93 MPa dan 3,024 GPa. Untuk pengujian *water absorption* kenaikan terendah terjadi pada variasi hibrida serat sisal/karbon (3:1), yaitu *weight gain* sebesar 9,28% dan *thickness swelling* 3,91%. Hasil foto makro juga menunjukkan persebaran serat dan matriks paling merata jika dibandingkan variasi lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume serat hibrida yang terbaik yaitu sisal/karbon (3:1). Hal tersebut dikarenakan variasi sisal/karbon (3:1) lebih mampu mendistribusikan tegangan bending secara merata serta mempunyai nilai kenaikan pengujian *water absorption* yang paling rendah.

**Kata kunci:** HDPE, sisal, abaka, karbon, komposit hibrida, kuat *bending*, uji serap air

---

## 1. PENDAHULUAN

Serat alam sebagai bahan penguat komposit telah menarik minat para ilmuwan di seluruh dunia karena sifat-sifatnya yang unggul seperti kekuatan spesifik tinggi, bobot ringan, biaya murah, sifat mekanik yang cukup baik, non-abrasif dan *biodegradable* (Elanchezhian dkk, 2018). Komposit telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi dalam kehidupan manusia, tak terkecuali untuk aplikasi perangkat biomedis.

Penelitian tentang komposit serat alam telah banyak dilakukan dengan melihat potensi serat alam untuk digunakan sebagai penyusun bahan komposit yang sangat menjanjikan karena ketersediaannya yang sangat melimpah dan dapat mengatasi permasalahan lingkungan (Dawam dkk, 2009). Jenis serat alam yang berpotensi untuk perangkat biomedis yaitu serat sisal (*Agave sisalana*) dan abaka (*Musa textilis*) yang merupakan jenis tanaman yang mempunyai kandungan selulosa relatif tinggi serta mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi (Chandramohan dan Marimuthu, 2011). Selain itu, ekstrak *hydroalcoholic* dari serat sisal dapat menghambat secara signifikan bakteri *Candida albicans* (Santos, 2008).

Namun, potensi penggunaan serat alam yang bersifat hidrofilik sebagai bahan penguat komposit menjadi berkurang karena tidak kompatibel dengan matriks yang bersifat hidrofobik yang mengakibatkan lemahnya ikatan antar muka serat dengan matriks (Khanam dkk, 2010). Untuk mendapatkan ikatan antarmuka yang efektif antara serat alam dan matriks, permukaan

serat perlu dimodifikasi dengan perlakuan kimia. Penelitian yang dilakukan oleh Sosiati dkk, (2019) membuktikan bahwa perlakuan alkali NaOH 6% dengan durasi waktu 36 jam merupakan nilai optimum yang meningkatkan sifat tarik dan modulus tarik dari komposit.

Komposit adalah kombinasi dari dua bahan dimana salah satu bahan, yang berfungsi sebagai penguat (*filler*) dalam bentuk serat, lembaran atau partikel, dan tertanam dalam bahan lain yang berfungsi sebagai pengikat (matriks) berupa logam, keramik atau polimer (Hassan dkk, 2000). Salah satu matriks yang banyak dipakai pada perangkat biomedis yaitu matriks polimer HDPE karena memiliki sifat kimiawi, ketahanan mulur yang sangat baik dan biokompatibel terhadap tubuh manusia (Ambrosio, 2009).

Komposit berpenguat serat alam memiliki beberapa keterbatasan yaitu kekuatan rendah dan sifat penyerapan air yang tinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat serat sintetis (Kumre dkk, 2017). Serat sintetis memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan yang baik tetapi memiliki kelemahan yaitu biaya tinggi dan tidak terdegradasi. Penggabungan serat alam dan serat sintetis dalam matriks yang sama dan menghasilkan komposit hibrida dapat dijadikan solusi dari kekurangan yang dimiliki oleh serat alam dan serat sintetis (Nguyen dkk, 2017). Serat karbon dipilih untuk dikombinasikan dengan serat alam (sisal dan abaka) karena berpotensi untuk aplikasi perangkat biomedis. Selain itu, serat karbon juga biokompatibel dengan tubuh manusia dan memiliki kekuatan mekanis yang tinggi dibandingkan dengan serat sintetis lainnya (Namvar, 2014).

Venkatasubramanian dan Raghuraman, (2015) yang melakukan penelitian tentang sifat mekanis komposit hibrida abaka/pisang/kaca dengan resin fenolik asam Ortho-Phthalic. Hasil penelitian menyebutkan bahwa komposit hibrida abaka/pisang/kaca memiliki sifat tarik yang paling baik, komposit hibrida pisang/kaca memiliki sifat lentur terbaik dan komposit hibrida abaka/kaca memiliki sifat impak terbaik. Sood dkk, (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh perawatan kimia serat sisal terhadap sifat mekanik komposit serat sisal/HDPE daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit sisal/HDPE mempunyai kekuatan tarik terbesar 19,27 (MPa) pada sisal *treatment* NaOH + MA/HDPE daur ulang dan kekuatan *bending* terbesar 17,86 (MPa) pada sisal *treatment* NaOH + MA/ HDPE daur ulang.

Penelitian lain terkait dilakukan oleh Venkateshwaran dkk, (2011) yang melakukan penelitian tentang sifat mekanis dan daya serap air komposit berpenguat serat pisang/sisal dengan matriks epoksi yang menunjukkan bahwa penambahan serat sisal dalam komposit pisang/epoksi hingga 50% berat dapat menghasilkan peningkatan sifat mekanis dan penurunan sifat penyerapan air. Aji dkk, (2012) melakukan penelitian sifat mekanis dan sifat fisis penyerapan air komposit hibrida kenaf/nanas/HDPE, hasil penelitian menunjukkan sifat fisis pengujian *water absorption* selama 14 hari menunjukkan penyerapan terbesar terjadi pada komposit nanas/HDPE dengan kenaikan sebesar 7%.

Dari hasil penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya serat sisal, abaka dan karbon banyak digunakan dalam komposit bermatriks HDPE dikarenakan biokompatibel dan aman untuk tubuh manusia. Akan tetapi penelitian mengenai pembuatan komposit sebagai bahan alternatif dengan hibridisasi *filler* abaka/sisal/karbon belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini membahas pembuatan komposit hibrida abaka/sisal/karbon bermatriks HDPE dengan komposisi *filler* dan matriks 20:80 (% berat). Pembuatan material komposit hibrida menggunakan variasi fraksi volume serat hibrida dengan variasi perbandingan fraksi volume serat komposit sisal/karbon (3:1), (sisal-abaka)/karbon (3:3:2) dan abaka/karbon (3:1). Serat sisal dan abaka dengan panjang 6 mm diberi perlakuan alkali dengan direndam dalam larutan NaOH 6% selama 36 jam. Serat karbon dengan panjang 15 mm diberi perlakuan dengan direndam dalam nitrogen cair selama 10 menit yang merupakan nilai optimum untuk meningkatkan kekuatan mekanis serat karbon (Khalim, 2018). Nilai kekuatan mekanis komposit diketahui dengan melakukan pengujian *bending*, sedangkan nilai sifat fisis diketahui melalui pengujian daya serap air (*water absorption*) dan *thickness swelling*. Struktur patahan komposit dan distribusi serat dapat diamati menggunakan mikroskop optik.

## 2. METODE

### 2.1 Preparasi Serat dan Matriks

Serat sisal, abaka dan karbon dipersiapkan sesuai berat yang telah ditentukan sebelumnya. Persiapan serat sisal dan abaka yaitu kedua serat dicuci menggunakan aquades lalu masing-masing serat direndam dengan larutan NaOH konsentrasi 6 % selama 36 jam, setelah itu serat direndam dengan larutan asam asetat konsentrasi 1% selama 1 jam dilanjutkan dengan direndam dalam aquades selama 24 jam untuk menghilangkan sisa NaOH yang bersifat basa, setelah itu serat dikeringkan dan dipotong 6 mm. Untuk serat karbon sendiri direndam dengan nitrogen cair selama 10 menit kemudian dipotong 15 mm. Matriks HDPE yang digunakan merupakan HDPE lamina, HDPE dipotong sesuai ukuran cetakan.

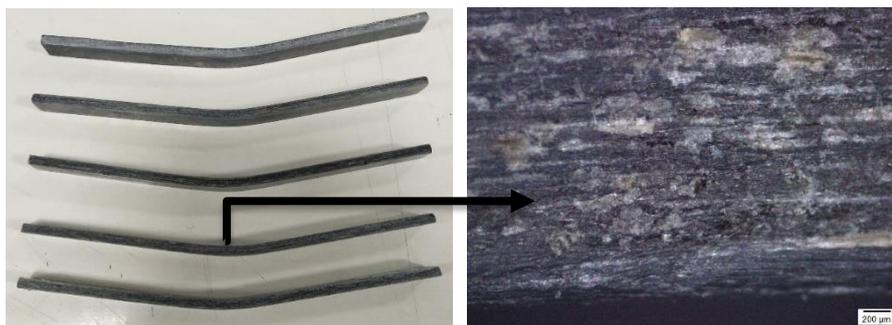
### 2.2 Pembuatan Komposit

Komposit menggunakan fraksi volume antara serat dan matriks 20 : 80 % berat. Variasi dilakukan pada perbandingan fraksi volume serat hibrida yaitu sisal/karbon (3:1), (sisal-abaka)/karbon (3:3:2) dan abaka/karbon (3:1). Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode lamina dengan membentuk 5 lamina yang mana penataan serat dan matriks dengan teknik *hand lay up*. Setelah serat dan matriks disusun kedalam cetakan langkah selanjutnya pengepresan menggunakan mesin *hot press* dengan suhu titik lebur HDPE yaitu 135-140 °C selama 60 menit dengan tekanan 1,4498 MPa. Hasil dari pengepresan selanjutnya dipotong sesuai ASTM untuk pengujian yang telah di tentukan sebelumnya yaitu *3 point bending* berdasarkan ASTM D790-03 dan *water absorption* berdasarkan ASTM D570.

### 2.3 Uji Bending, *Water Absorption* dan Karakterisasi

Pengujian bending dilakukan pada semua spesimen dengan mengacu pada ASTM D790-03 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Politeknik ATMI Surakarta dengan *load cell* 20 kN, panjang *support span* 80 mm. Lima sampel spesimen untuk setiap variasi telah diuji, dan rata-rata *flexural strength*, modulus elastisitas ( $E_b$ ) dan *elongation* ( $\epsilon_b$ ) telah diperoleh dari kurva tegangan-defleksi. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata. Sedangkan pengujian *water absorption* mengacu pada ASTM D570 dimana pengujian spesimen dilakukan hingga kenaikan konstan dan dihitung setiap 12 jam untuk pengukuran berat dan ketebalan setelah perendaman.

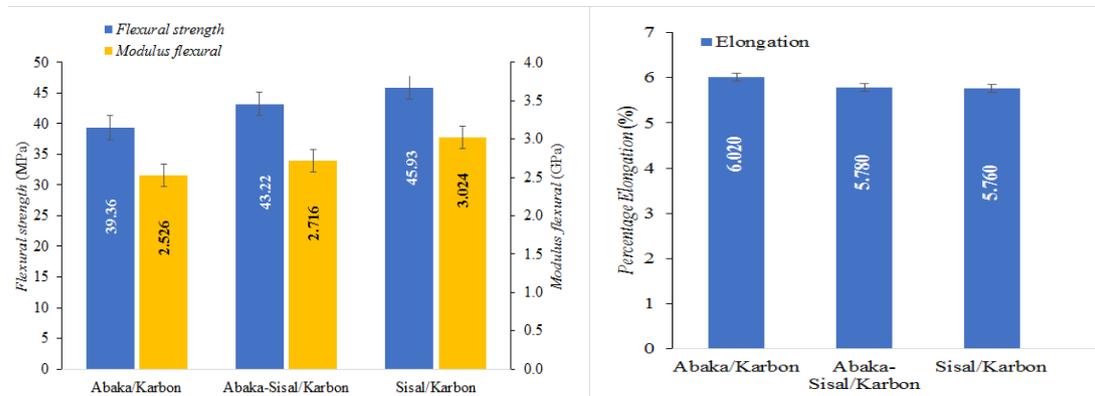
Hasil dari pengujian *bending* dikarakterisasi menggunakan uji optik untuk mengetahui korelasi antara hasil uji bending dan nilai kuat bending. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan micam software untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada komposit.



**Gambar 2.1** Spesimen uji bending setelah diuji

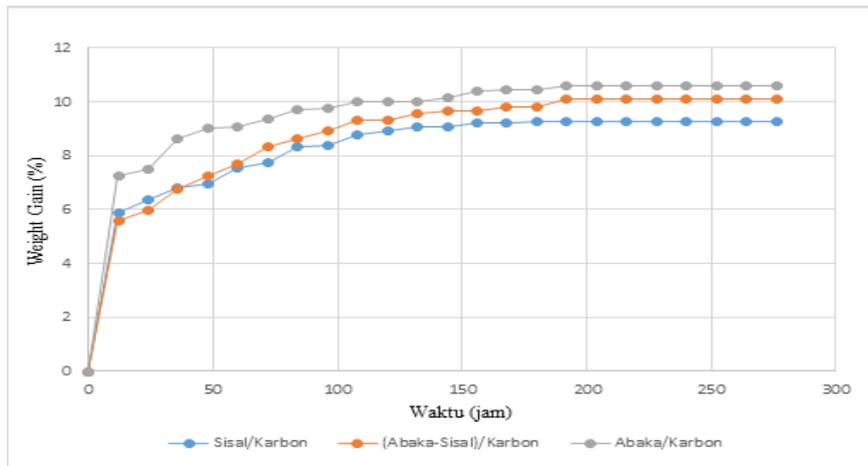
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Hasil Uji Bending dan *Water Absorption*



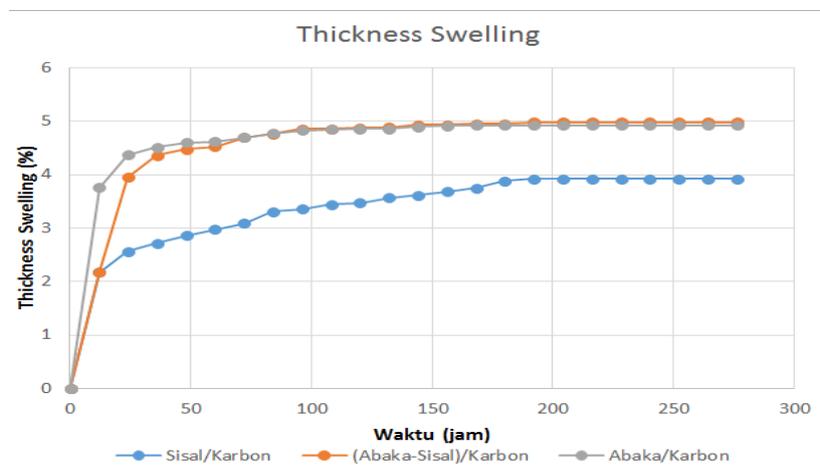
**Gambar 3.1.** Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

Berdasarkan tabel dan gambar diatas, variasi spesimen komposit hibrida sisal/karbon memiliki kekuatan bending tertinggi dengan 45,93 MPa. Hal ini dikarenakan adanya sifat adhesi yang lebih baik antara serat sisal/karbon dengan matriks HDPE dibandingkan dengan variasi komposit hibrida lainnya sehingga dapat mendistribusikan tegangan bending secara merata dan menghasilkan kekuatan bending yang lebih unggul. Pada variasi hibrida serat (abaka-sisal)/karbon mengalami peningkatan kekuatan bending sebesar 12,4% dari variasi hibrida serat abaka/karbon dan variasi hibrida serat sisal/karbon mengalami peningkatan kekuatan bending sebesar 14,35% dari variasi hibrida serat (abaka-sisal)/karbon. Modulus elastisitas tertinggi juga ditemukan pada variasi spesimen komposit hibrida sisal/karbon mengalami kenaikan sebesar 3,024 GPa yang mengakibatkan komposit hibrida sisal/karbon juga memiliki kekakuan yang tinggi dibandingkan variasi lainnya. Dengan demikian, penambahan serat sisal *treatment* berperan lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan bending dan modulus elastisitas yang hasilnya mampu mengungguli variasi lainnya. Hasil kekuatan bending tersebut lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil penelitian Sood dkk, (2015) yang meneliti komposit serat sisal/karbon bermatriks HDPE daur ulang dengan perlakuan serat sisal menggunakan NaOH + Maleic Anhydride (MA) dengan fraksi volume 92,5 : 7,5% berat dengan hasil kekuatan bending tertinggi sebesar 17,86 MPa. Dengan hasil kekuatan bending dan modulus elastisitas tersebut telah memenuhi kriteria sebagai bahan alternatif untuk aplikasi orthosis pergelangan kaki seperti hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Takhakh dkk, (2017) dengan menggunakan serat karbon bermatriks *polyurethane* yang memiliki kekuatan bending 55-79 MPa dan modulus elastisitas 1,8-3,7 GPa. Nilai regangan bending tertinggi terdapat pada variasi hibrida serat abaka/karbon sebesar 6,020%. Hal tersebut dikarenakan persebaran serat abaka/karbon yang tidak merata dan bergerombol. Selain itu juga, faktor ketebalan spesimen komposit juga mempengaruhi hasil regangan karena ketiga variasi memiliki nilai defleksi maksimal sebelum patah dan panjang *support span* yang sama. Dengan demikian, naiknya nilai regangan bending akan menurunkan nilai modulus elastisitas komposit hibrida.



**Gambar 3.2.** Penyerapan air

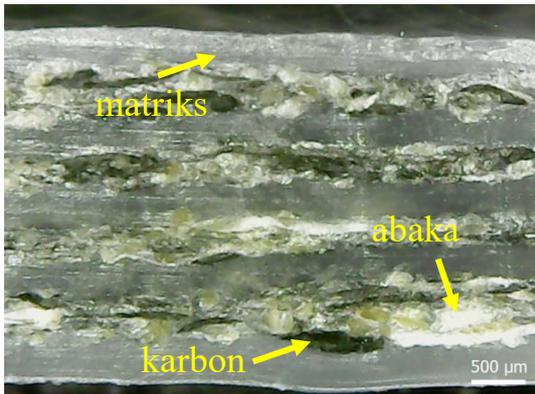
Dilihat dari hasil pengujian daya serap air yang telah dilakukan, variasi hibrida serat abaka/karbon mengalami peningkatan berat yang paling banyak yang bermakna bahwa variasi hibrida serat abaka/karbon menyerap lebih banyak air daripada variasi lainnya. Adanya rongga-rongga pada serat abaka membuat air dapat masuk melalui celah dan mengisi badan komposit sehingga menaikkan berat komposit (Dawam dkk, 2009). Selain itu, kandungan selulosa pada serat abaka yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan kelembaban dalam serat abaka karena ikatan hidrogen dari molekul air ke gugus hidroksil dalam dinding sel serat abaka. Hal tersebut menurunkan kekuatan mekanis variasi hibrida serat abaka/karbon. Peningkatan berat yang paling banyak pada variasi hibrida serat abaka/karbon terjadi pada jam ke 192 sampai jam ke 276 sebesar 10,61%. Sedangkan peningkatan berat paling sedikit terdapat pada variasi hibrida serat sisal/karbon sebesar 9,28% sehingga mampu menahan air lebih baik daripada variasi lainnya. Hal itu dapat dikorelasikan dengan kekuatan mekanis dari variasi hibrida serat sisal/karbon yang lebih tinggi dibandingkan variasi lain.



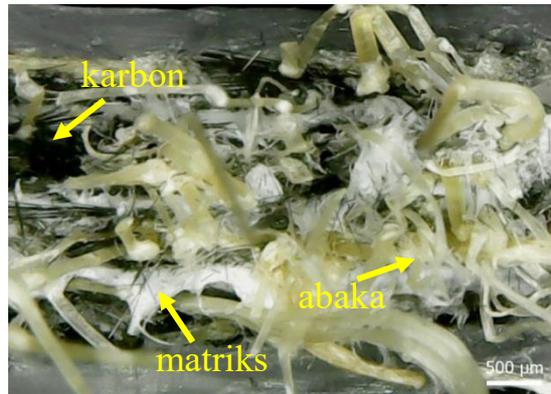
**Gambar 3.3.** Thickness swelling

Dilihat dari hasil pengujian *thickness swelling* yang dilaksanakan, lama perendaman berbanding lurus dengan peningkatan ketebalan dan juga kenaikan berat komposit. Hal tersebut dikarenakan sifat serat alam yang memiliki sifat hidrofilik dimana serat alam mampu menyerap dan menyimpan air sehingga menyebabkan peningkatan berat dan tebal komposit seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Pertambahan tebal paling besar terjadi pada variasi hibrida serat abaka/karbon sebesar 11,42% pada jam ke 168 sampai jam ke 276. Sedangkan pertambahan tebal paling sedikit terdapat pada variasi hibrida serat sisal/karbon sebesar 3,91% dimulai dari jam ke 192 sampai jam ke 276. Fenomena tersebut dapat disebabkan oleh adanya fibrilasi yang lebih baik dan optimal. Dengan demikian ikatan antar serat dan matriks tidak tergantung hanya pada alkalisasi tetapi juga bagaimana pencampuran serat dan matriks yang dilakukan (Sosiati dkk, 2014).

### 3.2 Analisis Permukaan

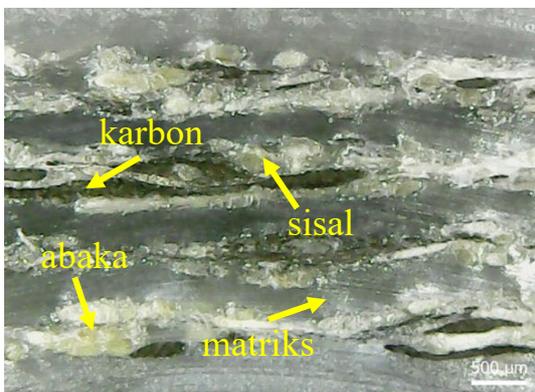


Penampang melintang

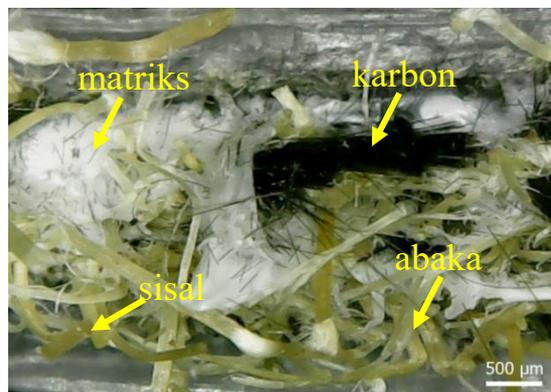


Struktur Patahan

**Gambar 3.4.** Hasil foto makro variasi hibrida serat abaka/karbon

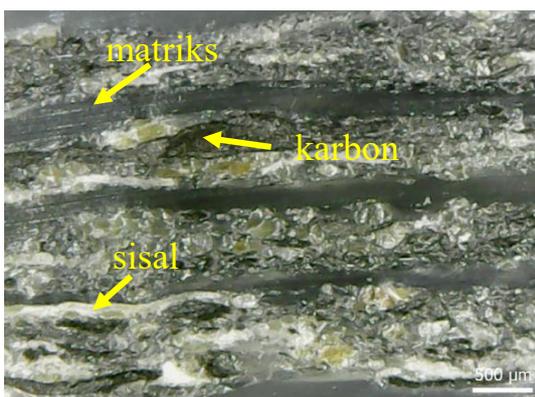


Penampang melintang

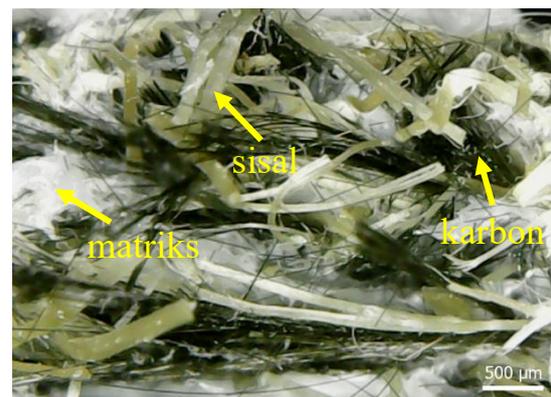


Struktur Patahan

**Gambar 3.5.** Hasil foto makro variasi hibrida serat (abaka-sisal)/karbon



Penampang melintang



Struktur Patahan

**Gambar 3.6.** Hasil foto makro variasi hibrida serat sisal/karbon

Berdasarkan hasil foto makro diatas, terlihat ikatan *filler* dengan matriks mengikat dengan baik yang ditandai dengan serat-serat tertanam dengan baik, akan tetapi masih terlihat di foto distribusi antara serat sisal dan karbon masih kurang merata. Hal ini disebabkan karena proses pencampuran serat hibrida terjadi secara kurang sempurna karena metode pencampuran yang dilakukan masih manual (*hand lay up*).

Pada foto makro variasi hibrida serat abaka/karbon, terlihat persebaran *filler* tidak merata, ikatan hibrida antara serat abaka dan karbon juga lemah. Terbentuknya aglomerasi (bergerombol) pada serat karbon dan serat abaka, hal ini mempengaruhi nilai kekuatan dari mekanis komposit.

Pada foto makro variasi hibrida serat sisal/karbon, terdapat adanya persebaran serat yang lebih merata dibandingkan variasi hibrida serat abaka/karbon dan abaka-sisal/karbon. Terlihat tidak adanya batas-batas antara serat dan matriks seperti variasi lain yang berkesan berlapis-lapis antara *filler* dan matriks. Serat karbon tersebar lebih merata walaupun masih aglomerasi (bergerombol). Hal tersebut juga didukung oleh pengujian bending variasi hibrida serat sisal/karbon yang memiliki kekuatan bending dan modulus elastisitas yang paling tinggi diantara variasi lain. Dengan hasil foto makro diatas menunjukkan bahwa distribusi serat, ikatan antarmuka serat-matriks dan teknik fabrikasi menjadi faktor penentu besarnya kekuatan mekanis dari komposit.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan serat sisal *treatment* berperan lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan bending dan modulus elastisitas komposit.
2. Komposit hibrida sisal alkali/karbon nitridisasi dengan matriks HDPE memiliki sifat adhesi serat-matriks yang lebih baik sehingga mampu mendistribusikan tegangan bending secara merata serta memiliki daya penyerapan air yang rendah.
3. Variasi hibrida serat sisal alkali/karbon nitridisasi memiliki kekuatan bending tertinggi dan nilai water absorption yang paling rendah dibandingkan variasi lain. Hasil foto makro menunjukkan variasi hibrida serat sisal alkali/karbon nitridisasi mempunyai persebaran serat yang merata dibandingkan variasi hibrida serat abaka alkali/karbon nitridisasi dan abaka alkali/sisal alkali/karbon nitridisasi.

#### REFERENSI

- Aji, I. S., Zainudin, E. S., Abdan, K., Saouan, S. M., dan Khairul, M. D., 2012. "Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of Hybridized Kenaf/Pineapple Leaf Fibre-Reinforced HDPE Composite". *Journal of Composite Material*, 47, (8), 979-990.
- Ambrosio, L., De Santis, R., Nicolais, L., 1998. "Composite Hydrogels as Intervertebral Disc Prostheses". *Journal of Science and Technology of Polymers and Advanced Materials*. Springer.
- ASTM Standard. D790-03. 2002. "Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics Insulating Materials". United States. ASTM International.
- ASTM Standart D570-98. 1999. "Standard Test Method for Water Absorption of Plastics". United States. ASTM International.
- Chandramohan, D., dan Marimuthu, K., 2011. "Biocomposite Material Based on Biopolymer and Natural Fibers-Contribution as Bone Implant". *Journal of IJAMSAR*, 1, (1), 009-012.
- Dawam, A.A.H., Onggo, H., dan Judawisastra H., 2009. "Identifikasi Morfologi dan Sifat Mekanik Serat Abaka (*Musa textilis*). *Journal of Tropical Wood Science and Technology*, 7(1), pp. 34-38.
- Elacezhian, C., VijayaRamnath, B., Ramakrishnan, G., Rajendrakumar, M., Naveenkumar, V., dan Saravanakumar, M.K., 2018. "Review on Mechanical Properties of Natural Fiber Composite". *Journal of Materials, Minerals and Energy*, (5), pp. 1785-1790.

- Hassan, M.L., Rowell, R.M., Fadl, N.A., Yacoub, S.F., dan Chrisainsen, A.W., 2000. "Thermo Plasticization of Bagasse. I. Preparation and Characterization of Esterified Bagasse Fibers". *Journal of Applied Polymer Science*, (76), pp. 561-574.
- Khalim, A., 2018. "Pengaruh Modifikasi Permukaan Serat Karbon Terhadap Sifat Bending dan Daya Serap Air Komposit Hibrida Sisal/Karbon/PVC". SKRIPSI Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Khanam, N.P., Khalil, A.H.P.S., Jawaid M., Reddy, R.G., Naryana, S.C. dan Naidu, V.S. 2010. "Sisal/Carbon Fibre Reinforced Hybrid Composites: Tensile, Flexural and Chemical Resistance Properties". *Journal of Polymer Environ*, 18, pp. 727-733.
- Kumre, A., Rana, R.S., dan Purohit, R., 2017. "A Review on Mechanical Property of Sisal Glass Fiber Reinforced Polymer Composites". *Journal of International Conference of Materials Processing and Characterization*, (4), pp. 3466-3476.
- Namvar, F., Jawaid, M., Tahir, P.M., Mohamad, R., Azizi, S., Khodavandi, A., Rahman, H.S., dan Nayeri, M.D., 2014. "Potential Use of Plant Fibres and their Composites for Biomedical Application". *Journal of BioResources*, 9(3), pp. 5688-5706.
- Nguyen, H., Zatar, W., dan Mutsuyoshi, H., 2017. "Mechanical Properties of Hybrid Polymer Composite". *Journal of Hybrid Polymer Composite Materials: Properties and Characterisation*, (4), pp. 83-109.
- Santos, J.D.G., Branco, A., Silva, A.F., Pinheiro, C.S.R., Neto, A.G., Uetanabaro, A.P.T., Queiroz, S.R.O.D., dan Osuna, J.T.A., 2009. "Antimicrobial Activity of *Agave sisalana*". *African Journal of Biotechnology*, 8(22), pp. 6181-6184.
- Sood, M., Deepak, D., dan Gupta, V.K., 2015. "Effect of Chemical Treatment on Mechanical Properties of Sisal Fiber/Recycled HDPE Composites". *Journal of Materialtoday:Proceedings*, 2, 3149-3155.
- Sosiati, H., Muhaimin, M., Abdilah, P., Wijayanti, D.A., Harsojo., dan Triyana, K., 2014. "Effect of the Chemical Treatments on the Characteristic of Natural Cellulose". *Journal of AIP Conference Proceedings*, 1617, pp. 105-108.
- Sosiati, H., Anugrah, R., Binangun, Y. A., Rahmatullah, A., dan Budiyanoro, C., 2019. "Characterization of Tensile Properties of Alkali-Treated Kenaf/Polypropylene Composites". *Journal of AIP Conference Proceedings*, 2097, pp. 030113(1)-030113(7).
- Takhakh, A.M., Jweeg, M.J., dan Abbas, S.M., 2017. "Characterization of Materials Used in Manufacturing the Ankle Foot Orthoses". *International Journal of Energy and Environment*, 8(4), pp. 291-298.
- Venkatasubramanian, H., dan Raghuraman, S., 2015. "Mechanical Behavior of Abaca-Glass-Banana Fibre Reinforced Hybrid Composites". *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(8), pp. 958-971.
- Venkateshwaran, N., ElayaPerumal, A., Alavudeen, A., dan Thiruchitrabalam, M., 2011. "Mechanical and Water Absorption Behaviour of Banana/Sisal Reinforced Hybrid Composite". *Journal of Materials an Design*, 32, pp. 4017-4021.