

Pengaruh Panjang Serat *Carbon* Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Hibrid Sisal/*Carbon/High Density Polyethylene* (HDPE)

Deni Dwi Setyawan^a, Harini Sosiati^a, Sudarisman^a
^aTeknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
 dwi.setyawan72@gmail.com

Abstrak

Komposit hibrida serat sisal 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 sisal/karbon/HDPE dengan memvariasikan pajang serat karbon 6 mm, 10mm dan 15mm. Dimana serat sisal alkalisasi NaOH selama 36 jam yang dipotong 6 mm dan serat karbon perlakuan nitrogen cair selama 10 menit dipotong sesuai variasi yang telah ditentukan. 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 1700 Psi. Fraksi volume serat dan matriks yaitu 20 : 80 % berat, perbandingan serat sisal dan serat karbon 3 :1. Pengujian *3 point bending* standar ASTM D790 dan *pengujian water absorption* standar ASTM D570, karakterisasi foto makro struktur patahan *bending* menggunakan mikroskop optik. Hasil dari penelitian menunjukkan variasi karbon 15 mm mempunyai kekuatan *bending* serta modulus elastisitas tertinggi yaitu 45,93 MPa dan 3,024 GPa. Untuk pengujian *water absorption* kenaikan terendah terjadi pada variasi panjang karbon 15 mm, yaitu weight gain sebesar 9,37% dan thickness swelling 4%. Hasil foto makro juga menunjukkan persebaran serat dan matriks paling merata jika dibandingkan variasi lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa panjang karbon yang terbaik yaitu 15 mm. Hal tersebut dikarenakan panjang serat karbon 15 mm lebih mampu mendistribusikan tegangan *bending* secara merata serta mempunyai nilai kenaikan pengujian *water absorption* yang paling rendah.

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

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat membuat industri berlomba-lomba menciptakan inovasi terbaru guna meningkatkan kualitas produk, daya saing dan ramah lingkungan. Salah satunya inovasi di bidang material adalah perangkat biomedis, yang sebelumnya menggunakan material logam sekarang mulai beralih ke material komposit. Sebab material logam mudah korosi, berat dan harganya yang mahal. Komposit dengan *filler* serat alam mulai digunakan karena sifat-sifat materialnya yang kuat, ringan, lentur, tahan korosi, dan tahan terhadap keausan (Kusumastuti, 2009).

Penelitian komposit dengan serat alam banyak dilakukan dan dikembangkan, karena serat alam mempunyai sifat ramah lingkungan. Serat alam dapat diperoleh dengan mudah dan dengan harga yang relatif murah, mudah diproses, serta densitas rendah (Kusumastuti, 2009). Jenis-jenis serat alam yang berpotensi untuk perangkat biomedis antara lain serat sisal, rosela, abaca, (Chandramohan dkk, 2011). Adapun serat sintesis berpotensi dibidang biomedis diantaranya serat karbon, karena selain memiliki sifat mekanis yang tinggi serat karbon juga aman bagi tubuh manusia (Bombac, et al., 2007).

Serat sisal adalah tanaman tropis tahunan yang secara periodik diambil seratnya yang berada pada daun (*leaf fibre*). Serat sisal cocok digunakan sebagai material pengisi komposit untuk perangkat biomedis karena aman untuk tubuh manusia. Akan tetapi serat alam *untreatment* mempunyai sifat hidrofilik atau dapat menyerap air (berpolar) sedangkan matriks polimer hidrofobik atau sukar dengan air (tidak berpolar) yang berlawanan secara kompatibilitas

mengakibatkan lemahnya ikatan antar muka serta sulit terdispersi homogen antara serat dan matriks (Yudhanto dkk, 2016). Oleh karenanya masalah tersebut dapat diatasi dengan melakukan perlakuan kimia serat. Sosiati dkk, (2019) telah melaporkan bahwa perlakuan alkalisasi NaOH 6% selama 36 jam sebagai nilai optimum karena meningkatkan sifat tarik dan modulus tarik komposit serat alam.

Komponen komposit terdiri dari *filler* dan matriks, matriks komposit bisa berupa logam, keramik dan polimer. Polimer (HDPE, PTFE, PMMA, dll) banyak digunakan dalam aplikasi biomedis, karena biokompatibel dengan tubuh manusia, proses pencetakannya mudah, ketersediaannya melimpah dan ekonomis (Nath dkk, 2007). Komposit dengan *filler* serat alam mempunyai kekuatan mekanis dan fisis yang rendah daripada komposit dengan *filler* serat sintetis. Serat sintetis mempunyai kekuatan mekanik yang baik, ketahanan terhadap kelembaban air karena serat sintetis terbuat dari bahan petrokimia. Akan tetapi kerugian serat sintetis sulit didaur ulang (*non-biodegradable*) dan harganya yang lebih mahal. Untuk meminimalisir kelemahan dari masing masing serat *filler*, dapat dilakukan kombinasi *filler* pada satu matriks komposit atau sering disebut komposit hibrida. Penggabungan serat sisal dan serat karbon dipilih karena serat tersebut berpotensi sebagai perangkat biomedis yang aman terhadap tubuh manusia dan juga ramah lingkungan.

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 komposit polimer HDPE dengan serat karbon dilakukan oleh Savas dkk, (2016) tentang pengaruh kopolimer polietilen sebagai *coupling agent* komposit serat karbon/HDPE. Hasil penelitian komposit serat karbon/HDPE tanpa penambahan *coupling agent* mempunyai kekuatan tarik sebesar 40 (MPa) dan kekuatan lentur sebesar 62,4 (MPa), dan komposit dengan penambahan *coupling agent* mempunyai kekuatan diatas komposit serat karbon/HDPE. 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 dan serat karbon banyak digunakan dalam komposit bermatriks HDPE dikarenakan biokompatibel dan aman untuk tubuh manusia. Akan tetapi penelitian mengenai pembuatan komposit sebagai bahan alternatif baru dengan hibridasi *filler* serat sisal dan serat karbon belum pernah dilaporkan atau diteliti sebelumnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini membahas pembuatan komposit hibridasi serat sisal dengan serat karbon, matriks yang digunakan adalah HDPE dengan komposisi *filler* dan matriks 20/80 (% berat). Pembuatan material komposit menggunakan variasi panjang serat karbon (6 mm, 10 mm, 15 mm), dengan perendaman nitrogen cair selama 10 menit merupakan nilai optimum perlakuan serat karbon dengan nitrogen cair (Khalim, 2018). Sedangkan serat sisal menggunakan alkalisasi NaOH 36 jam dengan panjang 6 mm. Untuk mengetahui nilai kekuatan mekanis komposit sisal/karbon/HDPE dilakukan pengujian *bending*. Kemudian pengujian fisis untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap daya serap air (*water absorption*) dan *thickness swelling*. Hasil dari pengujian *bending* kemudian dilakukan karakterisasi permukaan menggunakan uji optik makro.

2. METODE

2.1 Preparasi Serat dan Matriks

Serat sisal dan serat karbon dipersiapkan sesuai berat yang telah ditentukan sebelumnya. Persiapan serat sisal yaitu serat sisal dicuci menggunakan aquades lalu serat sisal direndam dengan larutan NaOH konsentrasi 6 % pada temperatur ruangan selama 36 jam, setelah itu serat direndam dengan larutan asam asetat konsentrasi 1% selama 1 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 sesuai variasi yang telah ditentukan sebelumnya yaitu panjang 6 mm, 10 mm dan 15 mm.

Matriks HDPE yang digunakan merupakan HDPE lamina, HDPE dipotong sesuai ukuran cetakan

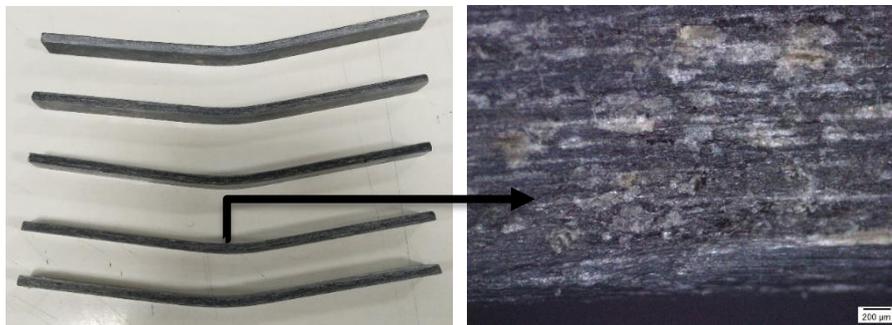
2.2 Pembuatan Komposit

Komposit menggunakan fraksi volume antara serat dan matriks 20 : 80 % berat, perbandingan serat sisal dan serat karbon 3 :1. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode lamina yang mana penataan serat dan matriks dengan cara *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 15 menit dengan tekanan 1700 Psi. hasil dari pengepresan selanjutnya dipotong sesuai ASTM yang telah di tentukan sebelumnya yaitu *3 point bending* standar ASTM D790-03 dan *water absorption* standar ASTM D570.

2.3 Uji Mekanis, Fisis dan Karakterisasi

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

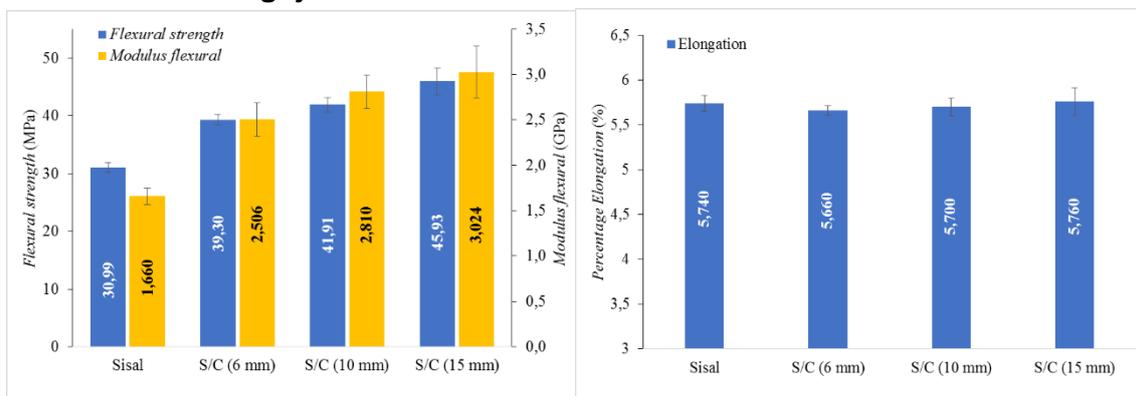
Hasil dari pengujian *bending* dikarakterisasi menggunakan uji optik untuk mengetahui korelasi antara hasil uji *bending* dan nilai kuat *bending*. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan micam software untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada komposit.



Gambar 2.1 spesimen uji bending setelah diuji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

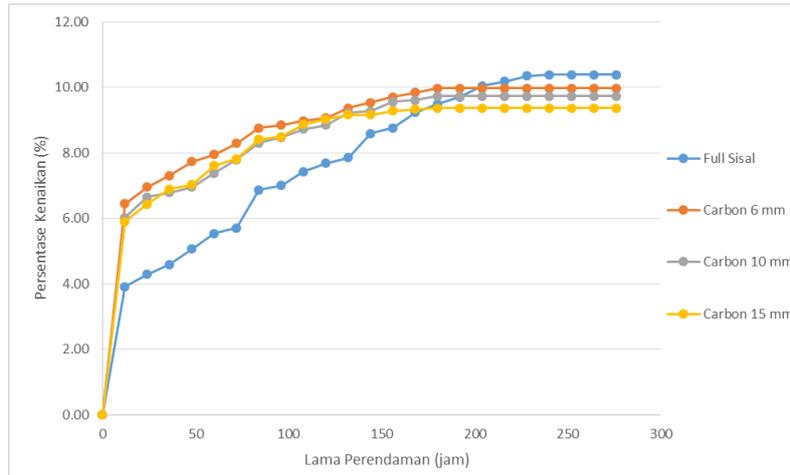
3.1 Analisis Pengujian Mekanis dan Fisis



Gambar 3.1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

Ditunjukkan bahwa penambahan serat sisal dengan serat karbon meningkatkan kekuatan mekanis komposit (Noorunnisa, dkk 2010). kekuatan *bending* komposit cenderung meningkat seiring bertambahnya panjang serat karbon. Hal ini disebabkan karena panjang serat karbon 15 mm lebih mampu mendistribusikan tegangan *bending* secara merata daripada variasi full sisal, variasi panjang karbon 6 mm dan variasi panjang karbon 10 mm. Pada variasi panjang karbon 6 mm kekuatan *bending* mengalami peningkatan sebesar 26,8 % dari variasi full sisal. Variasi panjang karbon 10 mm mengalami peningkatan sebesar 6,6% dari variasi panjang karbon 6 mm, serta variasi panjang karbon 15 mm mengalami peningkatan sebesar 9,6 % dari variasi panjang karbon 10 mm. kekuatan *bending* terendah sebesar 30,99 MPa pada variasi full sisal dan kekuatan *bending* tertinggi sebesar 45,93 MPa pada variasi panjang karbon 15 mm. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Sood dkk, 2015) variasi full sisal memiliki kekuatan bending jauh lebih baik dari sebelumnya 30,99 MPa : 17,86 MPa hal ini bisa disebabkan oleh matriks yang digunakan Sood merupakan 50% murni 50% daur ulang, fraksi volume yang digunakan berbeda, serta proses fabrikasi yang kurang baik.

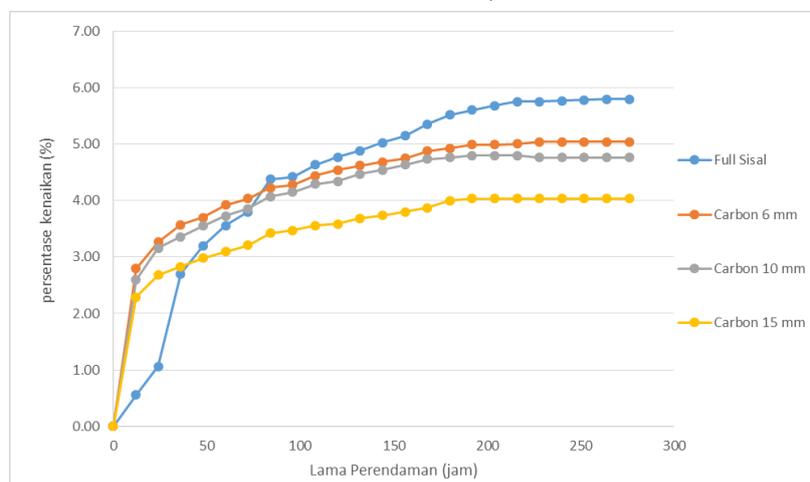
Ditra, dkk (2018) melakukan penelitian pengaruh panjang serat fiberglass dengan matrik High Density Polyethylene, dengan variasi panjang serat 10 mm, 20 mm dan 50 mm. dari hasil penelitian yang diperoleh kekuatan *bending* tertinggi diperoleh data sebesar 44,52 MPa pada variasi panjang serat 50 mm, hal ini disebabkan oleh serat sintesis yang semakin panjang, maka tingkat ikatan interfaces meningkat. Sehingga waktu diberikan beban sangat lama mengalami patah/ bengkok. Semakin panjang serat sintesis yang digunakan maka ikatan serat dengan matriks semakin bagus, hal ini menyebabkan nilai kekuatan *bending* meningkat dan model patahannya semakin ulet. Ditunjukkan bahwa nilai regangan tertinggi terdapat pada komposit HDPE/sisal/ karbon variasi panjang serat karbon 15 mm namun perbedaan antara ke empat variasi tidak jauh berbeda dikarenakan pengujian dihentikan setelah regangan dinilai maksimal sesuai standar ASTM D790 yaitu kurang lebih 5%. Perbedaan cuma terpaut 0,8 %, 0,4 % dan 0,6%. variasi panjang karbon 15 mm memiliki nilai regangan tertinggi dikarenakan panjang dari karbon 15 mm lebih mampu mendistribusikan tegangan secara merata daripada variasi full sisal, panjang karbon 6 mm, dan panjang karbon 10 mm.



Gambar 3.2. Penyerapan air

Berdasarkan grafik pengujian daya serap air diatas dapat dilihat kenaikan berat komposit dari 0 jam sampai kenaikannya konstan di rentang 240 jam sampai 276 jam. Komposit dengan variasi panjang karbon 15 mm mempunyai tingkat kenaikan berat yang paling rendah yaitu sebesar 9,37 % sedangkan variasi full sisal, variasi panjang karbon 6 mm, variasi panjang karbon 10 mm berturut-turut 10,40%, 9,97% dan 9,74%. Kenaikan tertinggi terjadi pada variasi full sisal dikarenakan serat alam mempunyai sifat penyerapan air yang tinggi dibandingkan variasi komposit hibrida serat alam dengan serat sintetis. Untuk variasi komposit hibrida HDPE/sisal/karbon kenaikan tiap 12 jam antara ketiga variasi cenderung sama tidak seperti kenaikan variasi full sisal.

Kandungan selulosa pada serat alam yang cenderung tinggi dapat meningkatkan penyerapan kelembaban dalam serat karena ikatan hidrogen dari molekul air ke gugus hidroksil dalam dinding sel serat (Yong Sun dkk, 2008). Karena fraksi volume yang digunakan sama pada semua variasi komposit, dihasilkan nilai besar daya serap air pada setiap variasi tidak terlalu jauh, selisih nilai terbesar dan terkecil sebesar 1,03 %.

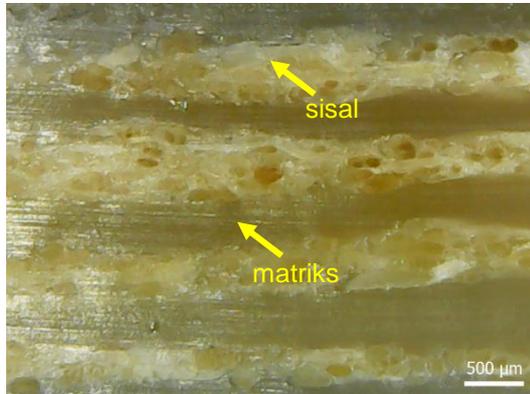


Gambar 3.3. Thickness swelling

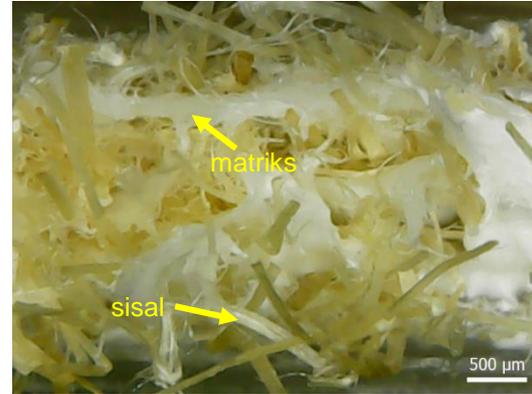
Dari grafik menunjukkan hubungan *thickness swelling* diatas menunjukkan hubungan antara lama perendaman dengan ketebalan spesimen. Semakin lama perendaman yang dilakukan sebanding dengan meningkatnya ketebalan spesimen. Variasi panjang karbon 15 mm mempunyai pertambahan tebal yang paling sedikit yaitu sebesar 4%. Sedangkan pertambahan yang paling besar pada variasi full sisal yaitu 5,8%, sementara variasi panjang 6mm dan 10mm terletak ditengah-tengah 5% dan 4,77%. dari hasil ini kenaikan *weight gain*

berbanding lurus dengan *thickness swelling*, yaitu semakin besar kenaikan *weight gain* maka semakin besar pula kenaikan *thickness swelling*.

3.2 Analisis Permukaan

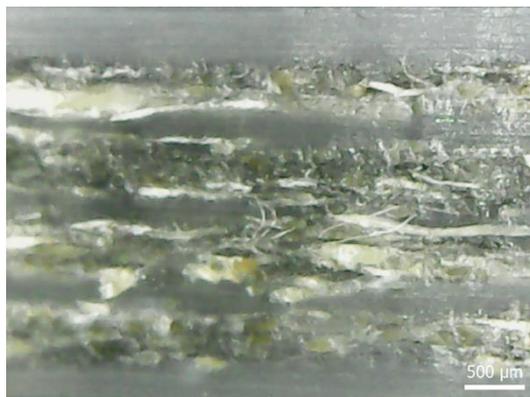


Penampang melintang



Struktur Patahan

Gambar 3.4. Variasi full sisal



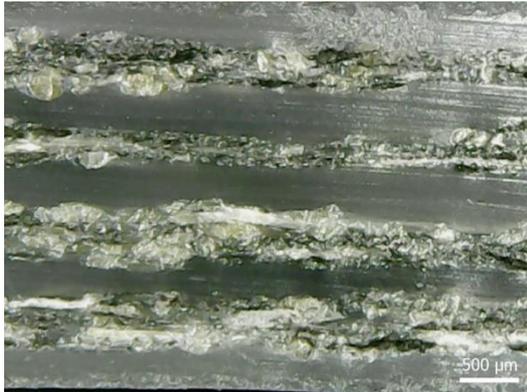
Penampang melintang



Struktur Patahan

Gambar 3.5. Variasi Karbon 6 mm

Hasil uji foto makro pada penampang melintang dan patahan (Gambar 3.6) menunjukkan menunjukkan 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 matriks kurang merata. Foto makro pada penampang patahan (Gambar 4.7) merupakan variasi panjang karbon 6 mm, terlihat persebaran antara *filler* dan matriks kurang merata, ikatan hibrida antara serat sisal dan karbon juga kurang kuat. Terbentuknya aglomerasi (bergerombol) pada serat karbon dan dan serat sisal, hal ini mempengaruhi nilai kekuatan dari mekanis komposit. Hal-hal tersebut dapat disebabkan oleh 3 faktor, faktor yang pertama merupakan fabrikasi komposit karena dalam penyusunan antara *filler* dan matriks menggunakan metode (*hand lay up*), yang kedua merupakan pengaruh kekasaran permukaan yang dimiliki oleh serat sisal dan serat karbon yang akan berpengaruh pada ikatan (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks. Dan faktor yang terakhir disebabkan rata (*uniform*) atau tidak adanya distribusi serat sisal dan serat karbon terhadap matriks HDPE menimbulkan ikatan matriks terhalang oleh serat yang teraglomerasi sehingga kekuatan mekanik menjadi rendah.

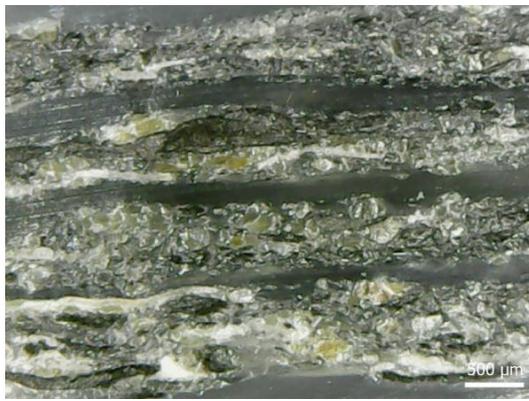


Penampang melintang



Struktur Patahan

Gambar 3.6. Variasi Karbon 10 mm



Penampang melintang



Struktur Patahan

Gambar 3.7. Variasi Karbon 15 mm

Foto makro (Gambar 3.6.) dan (Gambar 3.7.) merupakan variasi panjang serat karbon 10 dan 15 mm, terlihat foto variasi panjang karbon 15 mm penampang melintang dan patahan terlihat persebaran serat dan matriks paling merata diantara variasi full sisal, panjang karbon 6 mm dan panjang karbon 10 mm. 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 panjang karbon 15 mm yang memiliki *flexural strength* paling tinggi diantara variasi lain.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan serat karbon pada pada komposit sisal/HDPE meningkatkan kuat *bending* dan modulus elastisitas.
2. Semakin panjang serat karbon maka kuat *bending* dan modulus elastisitas semakin meningkat.
3. Variasi karbon 15 mm memiliki kekuatan *bending* tertinggi dan waterabsorption yang paling rendah dari variasi lain. Dan foto makro menunjukkan persebaran serat dan matriks paling merata.

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.
- 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.
- Bombac D., Brojan P., Fajfar F., Kosel and Turk R. (2007). *Review of Materials in Medical Applications*. Materials and Geoenvironment, 54, (4), 471-499.
- Chandramohan D. & Marimuthu K. (2011). *Biocomposite Material Based on Biopolymer and Natural Fibers-Contribution as Bone Implant*. Journal of IJAMSAR, 1, (1), 009-012.
- Ditra M. G. A., Fajar M., Oktariawan I. D. K. (2018). *Pengaruh Variasi Panjang serat Fiberglass Bermatrik Plastik HDPE Terhadap Kuat bending Komposit*. Jurnal of Repository Universitas Mataram, 1-9.
- 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.
- Kusumastuti A. (2009). *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*. Jurnal Kompetensi Teknik, 1, (1), 27-32.
- Nath S., Bodhak S., Basu B. (2007). *HDPE-AL₂O₃-Hap Composites For Biomedical Application : Processing and Characterization*. Journal of Biomedical Material Research Part B: Applied Biomaterials, 1-11.
- Savas L. A., Tayfun U., Dogan M. (2016). *The Use Polyethylene Copolymers as Compatibilizers in Carbon Fibre Reinforced HDPE Composites*. Journal of Composites Part B, 99, 188-195.
- Sood M., Deepak D., 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., Anugrah R., Binangun Y. A., Rahmatullah A., Budiyanoro C. (2019). *Characterization of Tensile Properties of Alkali-Treated Kenaf/Polypropylene Composites*. Journal of AIP Conference Proceedings, 2097, pp. 030113(1)-030113(7).
- Yudhanto F., Wisnuaji A. dan Kusmono (2016). *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam Agave Sisaliana Perrine*. Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi". Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.