

## Program Studi Teknik Mesin

### Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Karakterisasi Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Hibrida Sisal/Carbon/Low Density Polyethylene (LDPE) Yang Difabrikasi Dengan Metode "Lamina, Mixing, Dan Sandwiching"

Judul Naskah Publikasi: Karakterisasi Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Hibrida Sisal/Carbon/Low Density Polyethylene (LDPE) Yang Difabrikasi Dengan Metode "Lamina, Mixing, Dan Sandwiching"

Nama Mahasiswa: Muhammad Hakim

NIM: 20150130123

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

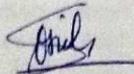


Tanda Tangan  
Muhammad Hakim

Tanggal 12-7-2019

### Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui



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

Tanggal 12-7-2019



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

Tanggal 19-7-2019

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

# KARAKTERISASI SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT HIBRIDA SISAL/CARBON/LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) YANG DIFABRIKASI DENGAN METODE “LAMINA, MIXING, DAN SANDWICHING”

Muhammad Hakim<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  
[Muhammad.Hakim.2015@ft.umy.ac.id](mailto:Muhammad.Hakim.2015@ft.umy.ac.id)

---

## Abstrak

Komposit serat alam sisal sebagai bahan penguat/pengisi (*fillers*) dengan matriks *Polymer low density polyethylene* (LDPE) dikembangkan sebagai kandidat bahan aplikasi biomedis. Serat sisal memiliki beberapa keunggulan densitas yang rendah, harga rendah dan biokompatibel bagi tubuh manusia. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat komposit hibrida (LDPE) dengan *fillers* serat sisal/karbon sebagai bahan perangkat biomedis, dan mengetahui metode fabrikasi yang terbaik dari variasi fabrikasi metode lamina, *mixing*, dan *sandwiching*. Fabrikasi komposit hibrida menggunakan metode lamina, *mixing*, dan *sandwiching* dengan mesin *hot press*, pada temperature 115 °C, dengan tekanan 2,175 MPa selama 2 jam. Serat sisal diperlakukan alkalisasi NaOH konsentrasi 6% selama 36 jam, dan serat sisal dipotong panjang 6 mm. Serat karbon diperlakukan dengan direndam nitrogen cair selama 10 menit, dan serat karbon dipotong panjang 10 mm disusun dengan metode *hand lay-up*. Komposisi matriks/*filler* yaitu 80:20 % dan serat hibrida sisal dan karbon 3:1. Pengujian bending menggunakan standar ASTM D790-03, dan pengujian daya serap air ASTM D570, kemudian karakterisasi struktur patahan uji bending dilakukan menggunakan mikroskop optik makro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit hibrida LDPE/sisal/karbon dengan tegangan bending dan modulus elastisitas tertinggi pada komposit yang di fabrikasi dengan metode Lamina yaitu 24,97 MPa dan 1,900 GPa serta uji *water absorption* dan *thickness swelling* masing-masing sebesar 5,19% dan 3,46%. Dengan demikian variasi metode Lamina lebih baik jika dibandingkan dengan metode *Mixing* dan metode *sandwiching*.

**Kata kunci:** LDPE, serat sisal, serat karbon, komposit hibrida, biomedic,

---

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat industri-industri terus bersaing guna menciptakan inovasi-inovasi terbaru yang belum pernah ada. Inovasi yang marak dikembangkan saat ini yaitu inovasi dalam modifikasi meningkatkan kualitas, daya saing, dan ramah lingkungan. Salah satunya yaitu pengembangan teknologi material, dimana material ramah lingkungan seperti komposit saat ini menjadi alasan utama untuk menggantikan material logam yang sulit terurai dengan cepat. Akhir-akhir ini pengembangan dan pemanfaatan material komposit hibrida serat alam telah diaplikasikan secara komersial di berbagai bidang seperti dibidang biomedis (*footankle orthosis*).

Penelitian tentang komposit serat alam untuk aplikasi biomedis telah banyak dilakukan di luar negeri dimana menggunakan serat alam (Chauchan dkk, 2011). Serat alam lebih disukai karena biaya yang rendah, dan ramah lingkungan. Rami, kenaf, dan sisal adalah serat utama yang dapat dimanfaatkan dalam material komposit karena sifat mekanik mereka yang cukup baik (Bodur dkk, 2014). Jenis serat alam yang digunakan untuk aplikasi biomedis adalah sisal (*Agavea sisalana*) ( Chandramohan, 2011). Adapun matriks polimer yang sesuai untuk aplikasi biomedis diantaranya *polymethyl methacrylate* (PMMA), *polyglycolide acid* (PGA) dan

*polylactide acid* (PLA) (Bombac, dkk 2007) dan *low density polyethylene* (LDPE) (Dinesh dan Hatti, 2018) karena matriks tersebut sangat kompatibilitas terhadap jaringan tubuh manusia.

Untuk aplikasi biomedis, serat karbon adalah jenis serat sintetis yang pada umumnya digunakan. Serat karbon merupakan serat sintetis yang mempunyai karakterisasi yang paling tinggi dibandingkan dengan serat sintetis lainnya. Namun kelemahan dari serat karbon adalah serat karbon kurang mengikat dengan matriks pada komposit polimer, sehingga serat karbon perlu dilakukan perlakuan sebelum digunakan sebagai *filler* dari sebuah komposit polimer (Zhang dkk, 2004).

Penelitian tentang komposit metode fabrikasi laminate pernah dilaporkan (Ghozali, dkk. 2017) meneliti tentang karakterisasi sifat tarik komposit laminate hibrid kenaf/e-glass Polyethylene (PE) dengan metode fabrikasi laminate dimana pembuatannya berbentuk lapisan-lapisan. Untuk komposit metode fabrikasi *mixing* pernah di laporkan (suantara, dkk. 2018) meneliti tentang pengaruh variasi panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit *sansevieria trifasciata polypropylene* dengan metode fabrikasi campur (*mixing*). Komposite metode *sandwiching* juga pernah di laporkan (Sosiati, dkk. 2016) tentang bio-composite dengan metode fabrikasi *sandwiching* pada serat sisal dengan matriks PP(Polypropylene) dan pengujian bending dengan standar ASTM D790-03.

Penelitian lain yang membahas perbedaan metode fabrikasi komposit belum pernah di laporkan atau di teliti secara komprehensif. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membahas pembuatan komposit dengan metode fabrikasi lamina, *mixing* dan *sandwiching* dan mengetahui besarnya kekuatan bending dari ketiga metode fabrikasi tersebut, Serat yang digunakan serat sisal dan karbon dengan matrik LDPE, komposisi *fillers* dan *matriks* 80% : 20% berat.dan komposisi serat sisal/karbon 3 : 1 Dengan panjang serat sisal dan karbon (6mm dan 10mm). Serat sisal diperlakukan alkalisasi NaOH 36 jam dan serat karbon diperlakukan perendaman nitrogen cair selama 10 menit. Untuk mengetahui nilai kekuatan mekanis komposit maka dilakukan pengujian bending. Kemudian pengujian fisis untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap daya serap air (*water absorption*) dan *thickness in swelling*. Hasil dari pengujian bending kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan uji optik makro.

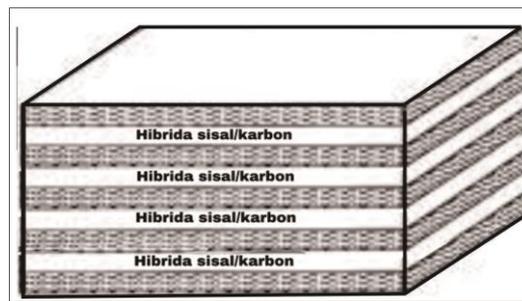
## 2. METODE

### 2.1 Preparasi Serat dan Matriks

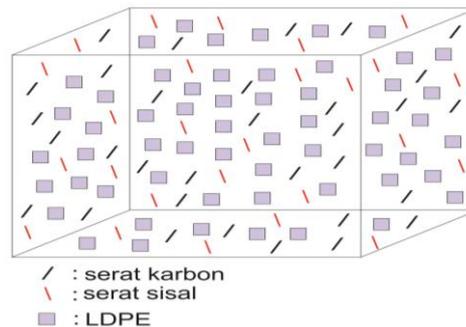
Serat sisal dipersiapkan dengan mencuci serat menggunakan aquades lalu serat sisal dilakukan perlakuan alkalisasi dalam larutan NaOH 6% pada temperatur ruangan selama 36 jam.serat sisal alkalisasi yang sudah dikeringkan di potong 6mm. Untuk serat karbon diperlakukan dengan perendaman nitrogen cair selama 10 menit kemudian di potong dengan panjang serat 10mm. Matriks LDPE yang berbentuk lembaran di potong sesuai ukuran cetakan yaitu dengan panjang 170 mm dan lebar 90 mm, kemudian matriks LDPE untuk fabrikasi metode campur di potong kecil-kecil dengan ukuran 5mm.

### 2.2 Pembuatan Komposit

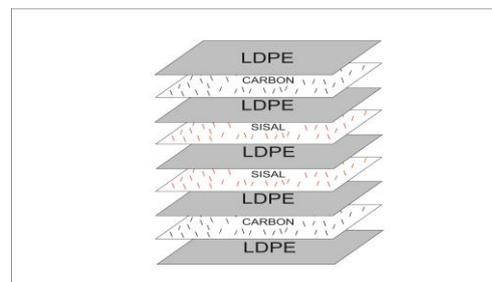
Perhitungan komposit menggunakan fraksi volume serat 20% dan matriks 80% dengan perbandingan serat hibrida sisal/karbon 3:1. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode fabrikasi lamina, *mixing*, dan *sandwiching*, dan penataan serat dengan cara hand lay up yaitu disusun menggunakan tangan secara manual pada cetakan.kemudian cetakan di tekan menggunakan mesin hot press pada temperatur 115°C-125°C selama 30 menit dengan tekanan 1800 Psi. Hasil pengepressan komposit yang telah jadi kemudian di potong, spesimen dibuat dua jenis, untuk pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790-03 dan pengujian water absorption mengacu pada standar D570.



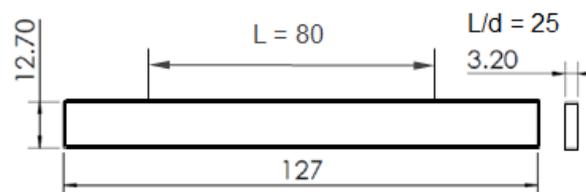
Gambar 2.1 skematik susunan lapisan lamina hibrida sisal/larbon LDPE



Gambar 2.2 Skematik komposit metode *mixing*



Gambar 2.3 skematik susunan metode *sandwiching*

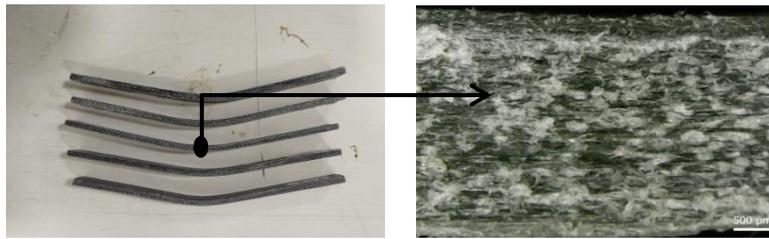


Gambar 2.4 Ukuran spesimen uji bending ASTM D790-03

### 2.3 Uji Mekanis 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 ATMI Surakarta dengan *load cell* 20KN, panjang span 80 mm. Lima sampel untuk setiap spesimen 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 dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D570 dengan pengujian direndam di larutan aquades selama 12 jam sekali lalu dilakukan pengukuran berat dan tebal sampai berat dan tebal spesimen dinyatakan konstan.

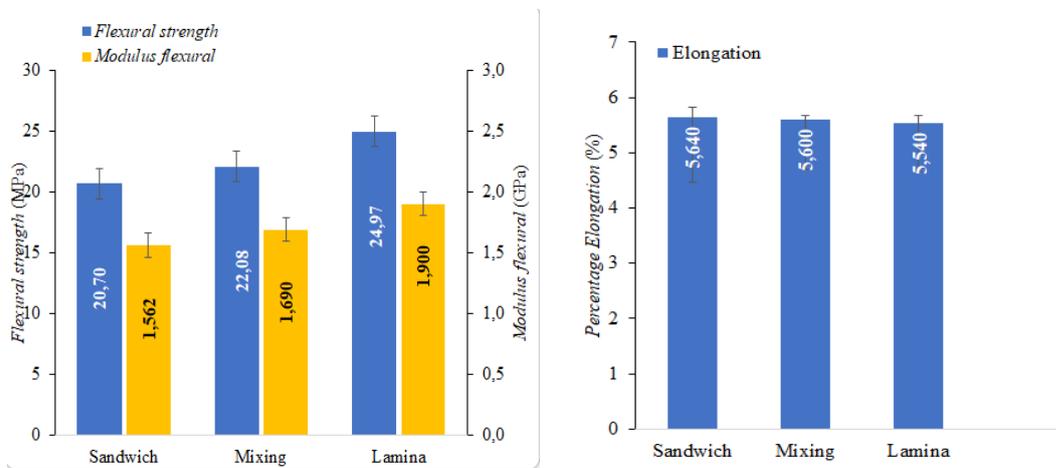
Hasil dari pengujian bending dikarakterisasi menggunakan uji optik untuk mengetahui korelasi antara hasil uji bending dan nilai kuat bending. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan micam software untuk melihat distribusi serat pada komposit.



Gambar 2.5 Spesimen Uji bending yang telah diuji

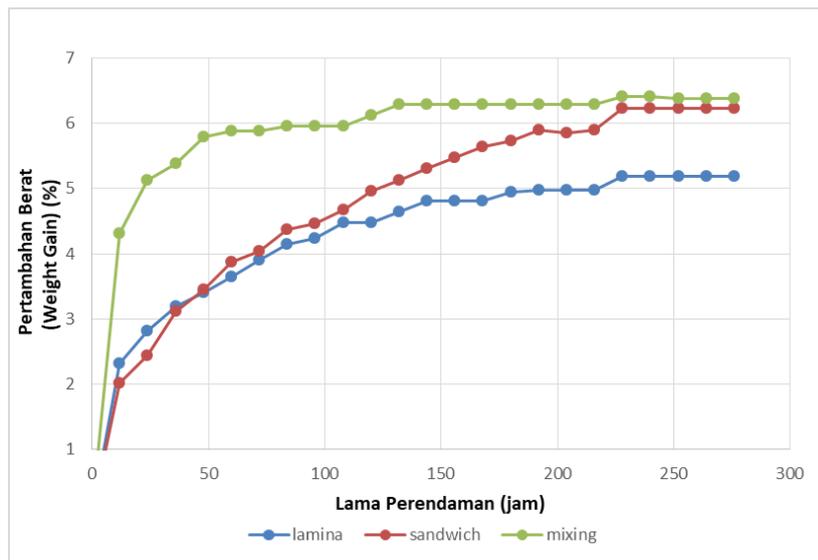
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Pengujian Mekanis dan fisis



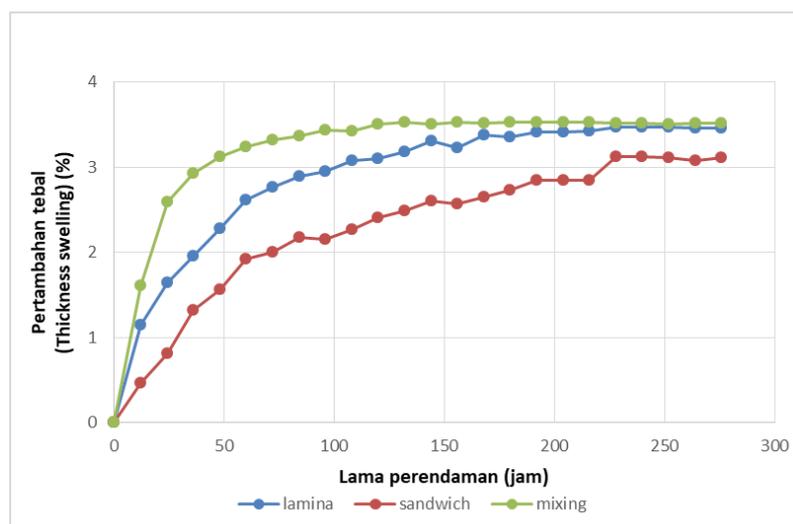
Gambar 3.1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

Dari **Gambar 3.1.** terlihat bahwa hasil pengujian bending menunjukkan nilai kekuatan bending Rata-rata variasi berbeda. Pada variasi lamina memiliki kekuatan bending maksimum yaitu 24,97 Mpa dan modulus 1,9 GPa. Sedangkan variasi *mixing* dan *sandwiching* sebesar 22,08 MPa dan 20,70 MPa untuk modulus 1,69 GPa dan 1,56 GPa. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan bending pada variasi lamina tinggi, yaitu banyaknya lamina dan proses penyusunan atau penataan serat, hal ini memungkinkan untuk menghasilkan ikatan baik antara serat hibrida sisal/karbon dengan matrik. Pada variasi metode *mixing* nilai kekuatan bending lebih kecil daripada variasi lamina, dimana Hal itu terjadi dikarenakan struktur permukaan pada spesimen *mixing* tidak rata dan banyaknya orientasi serat dan matrik yang tidak teratur, sehingga mengakibatkan kurangnya mengikat antara matrik dan serat. Pada spesimen sandwich mempunyai kuat bending yang minimum, dikarenakan diameter serat sisal lebih besar dibandingkan serat karbon, maka serat sisal lebih kaku dari serat karbon sehingga mempengaruhi nilai dari kuat bending tersebut.



**Gambar 3.2** Penyerapan air

Berdasarkan grafik pengujian daya serap air diatas dapat dilihat bahwa komposit metode *mixing* mengalami kenaikan secara signifikan dari 0-12 jam, hal itu disebabkan karena kurangnya mengikat antara struktur matriks dengan serat sehingga meningkatkan daya serap air. Pada 48 jam pertama variasi *mixing* mengalami kenaikan daya serap air yang konstan. Beda halnya dengan variasi *sandwich*, dari 0-192 jam selalu mengalami kenaikan, hal tersebut terjadi karena pada variasi *sandwich* lapisan serat karbon berada di lapisan terluar, dan lapisan serat sisal berada di tengah-tengah, yang mana porositas serat karbon padat, sedangkan serat sisal yang berongga-rongga karena serat alami, sehingga daya serap air selalu meningkat dikarenakan serat sisal bersifat hidrofilik. Hal ini menghasilkan adhesi yang kurang baik antara matriks dan serat sisal sebagai filler dan berakibat putusnya ikatan crosslink antara dua material tersebut

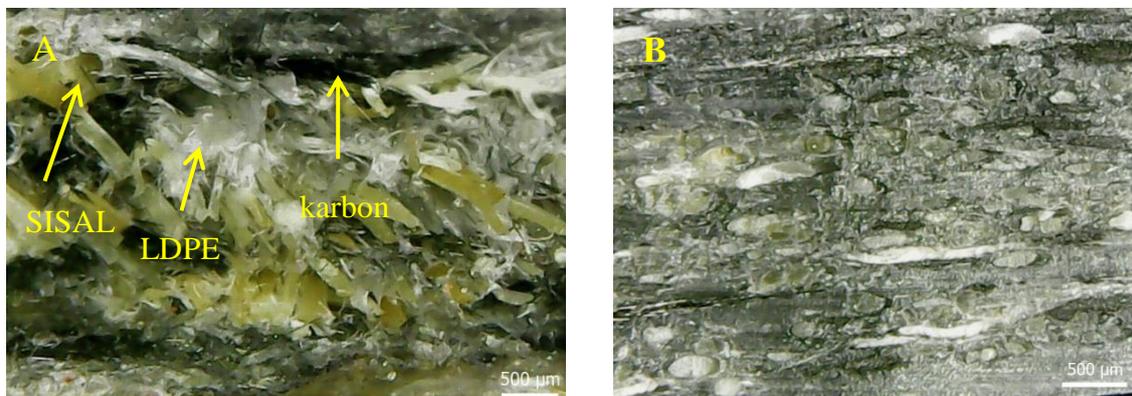


**Gambar 3.3** Thickness swelling

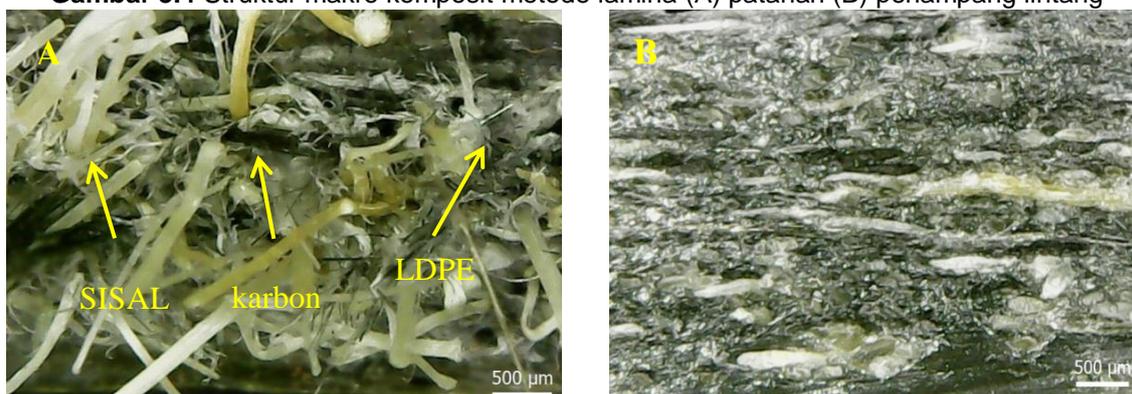
Grafik diatas menunjukkan hubungan antara lama perendaman dengan ketebalan spesimen. Semakin lama perendaman yang dilakukan sebanding dengan meningkatnya ketebalan spesimen. Pertambahan tebal paling besar terjadi pada 12 jam pertama. Pertambahan tebal 12 jam pertama paling besar terjadi pada variasi spesimen *mixing* yang mengalami kenaikan ketebalan secara signifikan, untuk pertambahan tebal yang terkecil terjadi pada 12 jam pertama terjadi pada variasi spesimen *sandwich*. Kemudian pertambahan tebal naik secara konstan terjadi pada 168 jam pertama terjadi pada variasi lamina dan *mixing*, sedangkan variasi *sandwich* untuk pertambahan tebalnya masih belum konstan. Bahkan pada waktu perendaman 192 jam menuju 228 jam variasi *mixing* dan lamina tidak terjadi pertambahan tebal. Variasi *sandwich* dinyatakan pertambahan tebalnya konstan terjadi pada 228 jam. Hasil akhir pertambahan tebal dari 0-276 jam variasi lamina, *mixing* , dan *sandwich* masing masing sebesar 3,46 %, 3,52%, dan 3,1%.

### 3.2 Analisis hasil uji optik

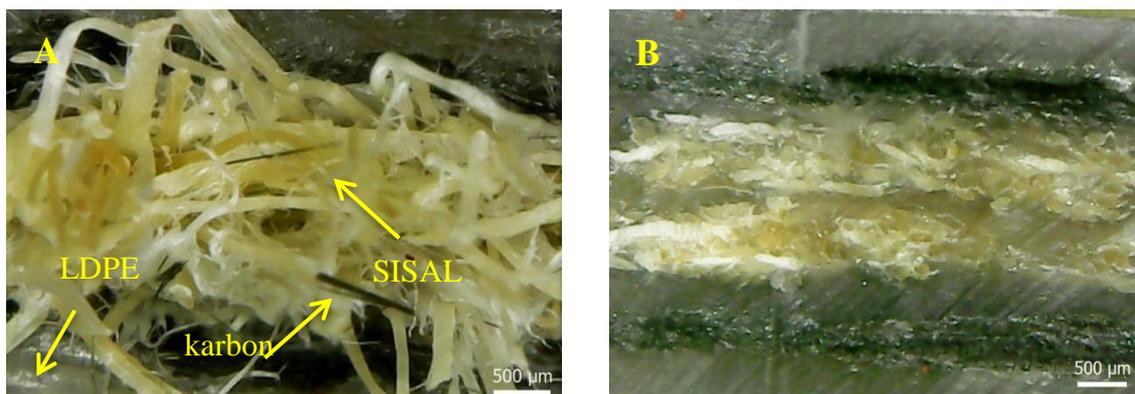
Komposit hasil uji bending yang telah dilakukan kemudian di potong bagian tengah dan hasil potongan diamati menggunakan mikroskop optik digital.



Gambar 3.4 Struktur makro komposit metode lamina (A) patahan (B) penampang lintang



Gambar 3.5 Struktur makro komposit metode *mixing* (A) Patahan (B) Penampang lintang



**Gambar 3.6** Struktur makro komposit metode *sandwiching* (A) Patahan (B) Penampang lintang

Spesimen komposit dari hasil pengujian bending di potong bagian tengah, lalu potongan komposit diamati menggunakan mikroskop optik digital. Persebaran serat sisal/karbon dan matriks pada komposit dapat diamati. Hasil menunjukkan bahwa hampir semua variasi metode fabrikasi komposit terisi penuh oleh serat sisal/karbon dan matriks LDPE. Terlihat pada hasil uji optik, letak serat sisal dan karbon tersusun terlihat sangat acak dan hampir menyebar secara merata. Komposit yang terisi penuh dengan persebaran serat secara merata menghasilkan komposit dengan kuat bending yang tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa metode fabrikasi lamina mempunyai tegangan bending paling tinggi yaitu 24,97 MPa di bandingkan dengan metode *mixing* dan *sandwiching* masing-masing sebesar 22,08 MPa dan 20,70 MPa..
2. Untuk pengujian *water absorption* kenaikan terendah terjadi pada variasi lamina, yaitu sebesar 5,19% dan *thickness swelling* terendah pada variasi *sandwiching* yaitu sebesar 3,1%..
3. Dari hasil foto makro metode lamina menunjukkan bahwa antara matriks dan filler terikat secara kuat dan serat terdistribusi secara merata. pada hasil foto makro metode *mixing* masih terlihat distribusi antara serat dan matrik masih kurang merata, sedangkan hasil foto makro metode *sandwiching* terlihat serat sisal yang menggumpal (aglomerasi), sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan komposit yang lebih baik yaitu dengan metode lamina

#### REFERENSI

- Aji IS, Zainudin ES, Abdan K, Saouan SM dan Khairul MD, (2012). "*Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of Hybridized Kenaf/Pineapple Leaf Fibre-Reinforced HDPE Composite*". *Journal of Composite Material*, 47, pp. 979-990.
- Akil H. M., Omar M. F., Mazuki A. A. M., Safiee S., Ishak Z. A. M. dan Bakar A.A., (2011). "*Kenaf Fiber Reinforced Composites : A Riview*", *Journal of Materials and Designl*. 4107-4121.
- Almeida, F. N. ; Petersen, G. I. ; Stein, H. H., (2011). Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, *J. Anim. Sci.*, 89 (12): 4109-4115
- ASTM Standard. D790-02. (2002). *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics Insulating Materials*. United States. ASTM International.

- Annual Book ASTM Standart D570-98. (1998). USA
- Bodur M, Bakkal M, Savas M & Berkalp B. (2014) *A new approach for the development of textile waste cotton reinforced composites (T-FRP): laminated hybridization vs Coupling agents. Journal of Polymer Engineering*, 34 (7)
- Bombac, D., Brojan, M., Kosel, F., & Turk, R. (2007). *Review of materials in medical applications*. RMZ-Materials and Geoenviromtent, 54, (4), 471-499.
- Chandramohan D. and Marimuthu K. A. (2011). *Review on Natural Fibers. IJRRAS*. 8 (2):194-205.
- Chand N. dan Hashmi S. A. R., (1993). "*Mechanical properties of sisal fibre at elevated temperatures*". *Journal of Materials Science*, 28, pp.6724-6728
- Chauhan A. And Kaith B. (2011) Development and Evaluation of Novel Roselle Graft Copolymer. *Malaysian Polymer Journal*. 6, (2): 176-188.
- Dimian, Alexandre C. And Bildea, Costin Sorin,. (2008). *Chemical Process Design*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co: Weinheim
- Dinesh, K., & Hatti, G. (2018). *Study of wear behavior on Hybrid Polymer matrix omposite Materials Used as Orthopedic Implant. Journal of Mechanical and Ivil Engineering (IQSR-JME)*, 15, (6), 39-44.
- Ghozali M, Sosiati H, dan Budiyanoro,. (2017). "*Karakterisasi Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrid Kenaf-E-Glass/Polyethylene(PE)*". *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*,1,(1), 31-34.
- Gibson, Ronald F. (1994). *Principles Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill,Inc
- John R.M. dan Anandiwala R.D., (2008). "*Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composite*". *Journal of Polymer Composites*, pp. 187-207.
- Joseph K. R. D., Tolêdo F., James B., Thomas S. and de Carvalho L. H.(1996) A Review on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.*; 3(3): 367-379.
- Kusumastuti A., (2009). "*Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*". *Jurnal Kompetensi Teknik*, 1, 1.
- Kalaprasad, G., et al., (2004). "*Effect of fibre length and chemical modification on the tensile properties of intimately mixed short sisal/glass hybrid fibre reinforced low density polyethylene composite*", *Polym Int* 53:1624-1638 (2004)
- Ony. (2017). <http://artikel-teknologi.com/pengertian-material-komposit/>. Diakses pada 10 Mei 2019
- Perry, R., dan Green, D., (2008). "*Perry's Chemical engineers handbook*". McGraw-Hill (2008)
- Severini F., Formaro L., Pegoraro M. dan Posca L., (2002). "*Chemical modification of carbon fiber surfaces*". *Journal of Carbon*, 40, pp. 735–741.
- Sosiati, H., Nahyudin, A., Wijayanti, A, and Triyana K. (2016) *Bio-composite fabricated by sandwiching sisal fibers with polypropylene(PP)*. AIP conference Proceedings 1725, 020081 ; doi: 10.1063/1.4945535
- Sosiati H., Pratiwi D.A. dan Soekrisno. (2015). "*The Influens of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morfology of Cellulose Microfibrils*". *Journal of Advance Materials Research*, 1123 pp 147-150.
- Sosiati, H., Shofie Y.A., dan A.W.Nugroho. (2018). *Tensile Propertise of Kenaf/E-glass Reinforced Hybrid Polypropylene (pp) Composite with Different Fiber Loading*. EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy, 05, (2),1-5

- Sosiati, H., Anugrah, R., Binangun, R..A., Ramatullah, A., & Budiyanoro, C. (2019). *Characterization of Tensile Properties of Alkali-treated Kenaf/Polypropylene Composites*. AIP Conference Proceedings 2097, 030113
- Shakhashiri. (2008). *Acetic Acid & Acetic Anhydride*. General Chemistry
- Suantara I, Suardana N. Dan Lokantara I. (2018) "Pengaruh Variasi Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polypropylene Daur Ulang Berpenguat Serat *Sansevieria trifasciat*". Jurnal Teknik Desain, 7 . 4.
- Wona, Hendrikus, Kristomus B., Erich U. K. Maliwemu., (2015), Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula, Jurnal Teknik Mesin, LJTMU:. 02, 01
- Zhang H., Zhang Z. dan Breidt C., (2004). "*Comparison Of Short Carbon Fibre Surface Treatments On Epoxy Composites I*". *Enhancement Of The Mechanical Properties*. Journal of Composites Science and Technology 64 (2004) 2021–2029.