

Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Sisal/*Polymethyl Methacrilate* (PMMA) dengan dan tanpa Penambahan *Maleic Anhydrite Grafted Polypropilene* (MAPP)

Yuda Aria Binangun^a, Harini Sosiati^a, Sudarisman^a

^a Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
yuda.aria.2014@ft.umy.ac.id

Abstrak

Komposit serat sisal (*Agave sisalana*) diperkuat *polymethylmethacrylate* (PMMA) telah dikembangkan sebagai kandidat bahan aplikasi biomedis karena *biocompatible*, murah dan memiliki kekuatan mekanis tinggi. Hidrofilisitas serat sisal dan hidrofobisitas PMMA menyebabkan sulitnya mencapai dispersi homogen. Penambahan *maleic anhydrite grafted polypropylene* (MAPP) sebagai *coupling agent* diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut. Sisal mentah dan sisal alkalisasi dengan merendam serat dalam 6% NaOH selama 4 jam pada suhu ruangan. Panjang serat 6 mm yang memuat serat 30% difabrikasi menggunakan mesin press dingin dengan tekanan 120 kg/cm² pada suhu ruangan selama 60 menit. Variasi MAPP (0, 3, 5 dan 10 wt.%) ditambahkan hanya pada komposit PMMA/sisal mentah. Pengujian mekanis mengacu pada standar ASTM D638-01 dan ASTM D790-02 untuk uji tarik dan lentur. Pengujian *Scanning electron microscopy* (SEM) pada permukaan patahan dilakukan pada spesimen yang telah diuji tarik. Hasil menunjukkan bahwa alkalisasi pada serat sisal meningkatkan kekuatan mekanis komposit. Kekuatan mekanis PMMA/sisal mentah dengan 5% MAPP lebih tinggi daripada MAPP 3 dan 10%. Kekuatan tarik dan modulus dari komposit dengan MAPP 5% adalah 44,97 MPa dan 1,486 GPa. Sedangkan kekuatan bending dan modulus adalah 74,87 MPa dan 2,121 GPa. Penambahan 5% MAPP ke dalam komposit PMMA/sisal mentah lebih efektif meningkatkan kekuatan mekanis dibandingkan dengan komposit PMMA/sisal alkalisasi.

Kata kunci: Sisal, alkalisasi, PMMA, MAPP, komposit, uji tarik, uji bending, SEM

1. PENDAHULUAN

Serat alam mulai dilirik sebagai bahan penguat komposit karena ringan, relatif murah, ramah lingkungan, *biocompatible* bagi tubuh manusia dan mempunyai kekuatan mekanis tinggi. Perkembangan komposit serat alam meningkat setiap tahunnya dan diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan manusia, diantaranya industri otomotif, aerospace dan perangkat biomedis. Jenis serat alam yang berpotensi untuk aplikasi biomedis adalah Sisal (*Agave sisalana*), *Banana* (*Musa sapientum*) & *Roselle* (*Hibiscus sabdariffa*) yang merupakan jenis serat tanaman yang memiliki kandungan selulosa relatif tinggi dan memiliki kekuatan mekanis tinggi (Chandramohan, 2011).

Serat alam yang sedang diteliti dalam beberapa tahun ini untuk aplikasi biomedis adalah *Agave sisalana* atau serat sisal sebagai bahan penguatnya (Xu, 2009). Ketersediaan serat sisal di Indonesia cukup melimpah, daerah Blitar, Jawa Timur mampu memproduksi serat sisal hingga 50 ton/bulan. Menurut Brink (2003), pada tahun 1996-2000, Indonesia menghasilkan serat sisal 500 ton/tahun, atau 0,2% dari produksi serat sisal dunia. Serat sisal memiliki zat antibacterial (Abednego, 2010; Santos, 2009), *biocompatible* bagi tubuh manusia sehingga memiliki nilai lebih jika digunakan sebagai bahan aplikasi biomedis. Material komposit terdiri dari bahan penguat dan matriks, adapun matriks polimer yang sesuai untuk kebutuhan medis diantaranya *polymethyl methacrylate* (PMMA), *polyglycolide acid* (PGA) dan *polylactide* (PLA) sebagai polimer sintesis, karena jenis-jenis polimer ini mempunyai derajat kompatibilitas tinggi dengan jaringan tubuh manusia.

Perangkat biomedis yang digunakan umumnya terbuat dari bahan-bahan logam ataupun logam paduan yang memiliki kekuatan mekanis tinggi, misalnya Titanium (Ti), *stainless steel* dan logam paduan (Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb) (Bombac, 2007) yang dilapisi dengan bahan bioaktif seperti *hydroxyapatite* (HAP). Akan tetapi logam atau logam paduan akan mempunyai keterbatasan waktu pakai atau lifetime yaitu akan terjadi kerusakan (korosi) pada permukaannya akibat interaksi logam dengan cairan tubuh manusia dan ada kemungkinan ion logam yang terurai dan beracun. Karena kelemahan tersebut, maka bahan komposit serat alam diharapkan dapat dipromosikan sebagai kandidat bahan pengganti aplikasi biomedis. Komposit serat alam tentunya akan terhindar dari korosi, proses fabrikasinya relatif mudah, lebih ringan dan ekonomis, juga ketahanan *fatigue* dari komposit serat sisal dan PMMA relatif bagus Towo (2008) dan Gilbert (1995).

Komposit serat alam memiliki kekuatan mekanis dibawah logam dan logam paduan. Maka perlu adanya modifikasi agar kekuatan mekaniknya meningkat yakni dengan penambahan *coupling agent*. *Coupling agent* berperan penting dalam meningkatkan gaya adhesi serat dan matriks dengan cara membentuk ikatan kimia serat dan matriks. Salah satu *coupling agent* yang biasanya digunakan adalah *maleic anhydrid grafted polypropilene* (MAPP) yang efektif untuk meningkatkan kekuatan mekanis dibandingkan dengan *coupling agent* lainnya (Kim, 2006).

Penelitian tentang serat sisal untuk aplikasi biomedis oleh Chandramohan (2012), meneliti serat sisal untuk orthopedi implan tulang. Lewis (2016) meneliti tentang PMMA sebagai perekat komposit untuk aplikasi orthopedi. Xu (2008) meneliti tentang komposit serat sisal dengan dan tanpa silazation 5% dengan matriks PMMA untuk aplikasi biomedis. Huner (2017) meneliti tentang pengaruh perlakuan kimia dan MAPP sebagai *coupling agent* pada komposit sekam padi. Penelitian komposit serat sisal dengan matriks PMMA sudah dilakukan, namun untuk penelian penambahan MAPP pada komposit PMMA/sisal belum dilaporkan. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai komposit serat sisal dengan matriks PMMA dan ditambahkan *coupling agent* MAPP. Pemilihan matriks menggunakan PMMA karena bahannya yang relatif murah dan diharapkan dapat dibuat sebagai bahan komposit serat alam yang lebih baik dan mampu menjadi kandidat pengganti logam dan logam paduan yang sekarang digunakan untuk aplikasi biomedis.

2. METODE

2.1 Preseparasi Serat

Serat sisal yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 jenis, serat sisal mentah (*untreated sisal*) dan serat sisal dengan perlakuan (*treated sisal*). Serat sisal mentah dipersiapkan dengan mencuci serat menggunakan aquades yang mengalir lalu dikeringkan dalam temperatur ruangan. Serat sisal alkalisasi dalam larutan NaOH 6% pada temperatur ruangan selama 4 jam. Serat sisal mentah dan serat sisal alkalisasi yang sudah dikeringkan dipotong 6mm. Matriks PMMA disiapkan dengan SC Liquid. *Coupling agent* MAPP yang berbentuk granular dihaluskan menggunakan lumpang alu sampai benar-benar halus untuk mempermudah proses fabrikasi. MAPP yang ukurannya sudah halus lebih mudah untuk terdispersi pada serat dan matriks. Perhitungan serat menggunakan fraksi volume serat 30% dan matriks 70%. Volume mengikuti cetakan spesimen yang mengacu pada standar ASTM D638-01 untuk uji tarik dan ASTM D790-02 untuk uji bending. Perhitungan MAPP (0, 3, 5 dan 10 wt. %) dari berat serat merupakan variasi yang digunakan dalam penelitian ini. *Coupling agent* MAPP hanya ditambahkan pada serat sisal mentah dan tidak pada sisal alkalisasi.

2.2 Pembuatan Komposit

Komposit dibuat dari serat sisal, PMMA dan MAPP yang sudah dihitung dan ditimbang. Menggunakan metode satu lapis matriks-serat-matriks ditekan menggunakan alat *cold press* dengan tekanan 120 kg/cm² selama 60 menit dalam temperatur ruangan. Ada lima variasi komposit yang dibuat, yaitu PMMA/sisal alkalisasi dan PMMA/sisal mentah/(0, 3, 5 dan 10 wt. %) MAPP. Spesimen dibuat dua jenis, untuk pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D638-01 dan pengujian bending mengacu pada standar ASTM D790-02.

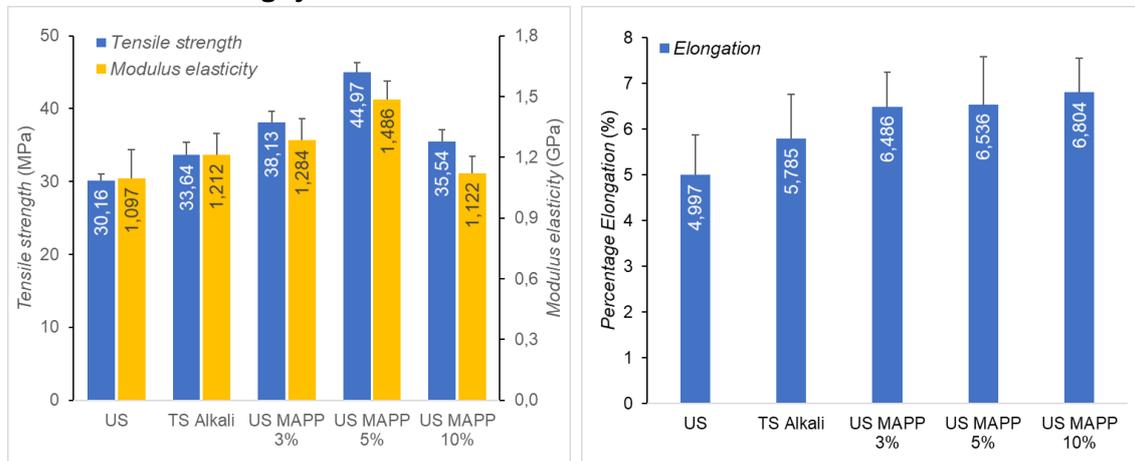
2.3 Uji Mekanis dan Karakterisasi

Pengujian mekanis dilakukan pada semua spesimen yang telah difabrikasi. Pengujian bending dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D790-02 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Universitas Sebelas Maret (UNS) dengan *load cell* 100kg, panjang span 80 mm dan *rate speed* pengujian 3,33 mm/min. 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 tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638-01 menggunakan alat UTM dengan *load cell* 100kg dan *rate speed* pengujian 5mm/min sampai putus. Lima sampel untuk setiap spesimen telah diuji, dan rata-rata *tensile strength*, modulus elastisitas (E_t) dan *elongation* (ϵ_t) telah diperoleh dari kurva tegangan-regangan. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata.

Morfologi permukaan patahan hasil uji tarik diamati menggunakan mesin scanning electron microscope (TESCAN SEM, VEGA 3, RUSIA) pada tegangan 10 kV. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 300x menggunakan microm software untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada komposit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pengujian Mekanis

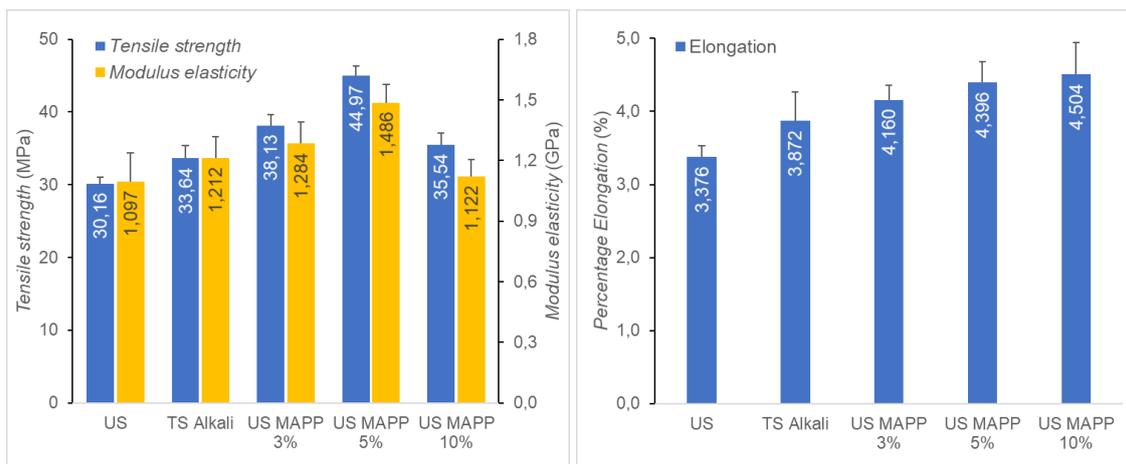


Gambar 3.1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan bending

Keterangan :

US = *untreatment sisal*
TS alkali = *treatment sisal alkali*

US MAPP 3% = *untreatment sisal MAPP 3%*
US MAPP 5% = *untreatment sisal MAPP 5%*
US MAPP 10% = *untreatment sisal MAPP 10%*

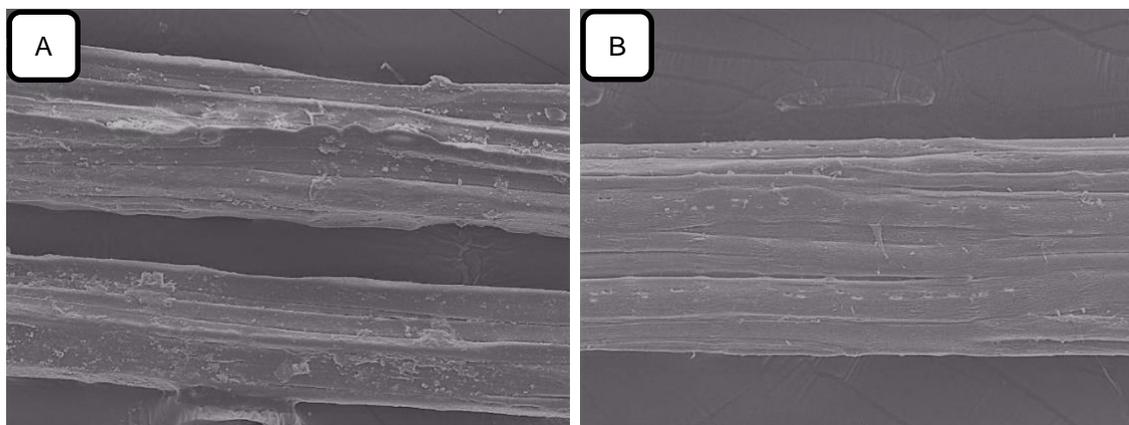


Gambar 3.2. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan tarik

Dari Gambar 3.1. dan Gambar 3.2. terlihat bahwa hasil pengujian bending dan tarik komposit sisal dengan perlakuan alkali memiliki nilai kekuatan mekanis yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PMMA/sisal mentah. Penambahan MAPP 5% pada komposit memiliki nilai yang paling optimal daripada dengan penambahan 3 dan 10% MAPP pada hasil pengujian tarik dan bending dengan nilai masing-masing 44,97 MPa dan 74,87 MPa. Nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan bending komposit. Penambahan MAPP 5% memiliki nilai yang paling optimal dibandingkan dengan variasi sisal alkalisasi dan dengan penambahan 0, 3 dan 10% MAPP dengan nilai 1,486 GPa untuk modulus tarik dan 2,121 GPa untuk modulus bending. Regangan komposit dengan sisal alkalisasi lebih besar daripada sisal mentah dan nilai yang paling optimal pada komposit dengan penambahan MAPP 10% dengan nilai persentase regangan tarik 4,504% dan persentase regangan bending 6,804%.

3.2 Analisis SEM

3.2.1 Serat Sisal Tunggal

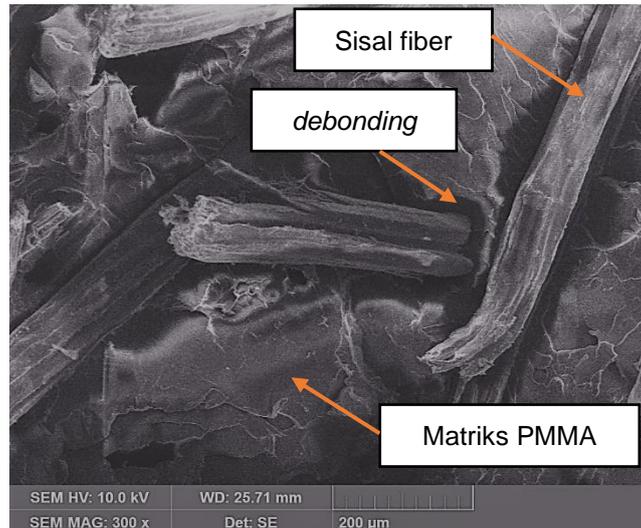


Gambar 3.3. (A) Hasil uji SEM serat sisal mentah (B) Hasil uji SEM serat sisal alkalisasi

Dari Gambar 3.3. (A) terlihat bahwa permukaan serat sisal tanpa perlakuan ada lapisan kotor yang membungkus lapisan permukaan. Lapisan pembungkus yang menyelubungi serat sisal diperkirakan adalah komponen nonselulosa. Semakin banyak kotoran pada permukaan serat maka akan mengurangi kekuatan ikatan antara matriks dan serat sehingga menurunkan kuat tarik komposit (Muzahir, 2016).

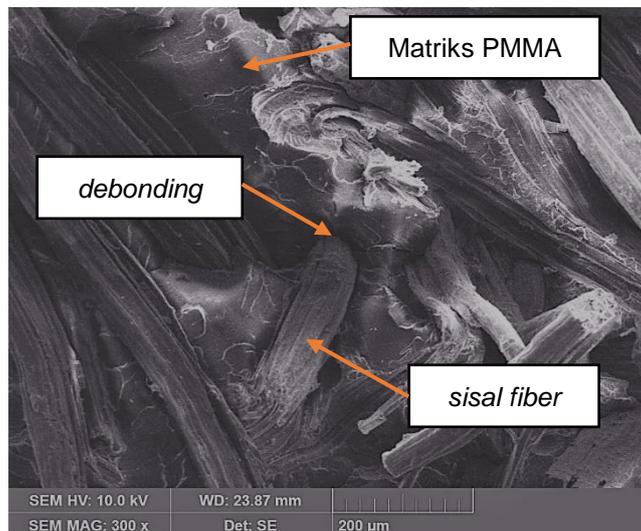
Dari Gambar 3.3. (B) terlihat bahwa permukaan serat sisal dengan perlakuan alkali yang direndam dalam larutan NaOH konsentrasi 6% selama 4 jam dalam suhu ruangan lebih bersih. Lapisan nonselulosa dan kotoran lainnya hilang dari permukaan serat. Bersihnya permukaan serat sisal akan meningkatkan ikatan antara matriks dan serat sehingga kuat tarik komposit meningkat.

3.2.2 Permukaan Patahan Komposit



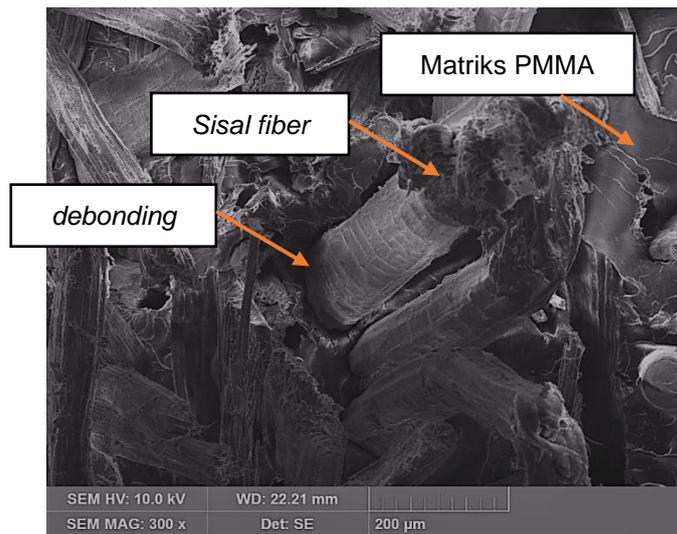
Gambar 3.4. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah

Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah **Gambar 3.4.** tidak ada ikatan yang bagus (*debonding*) antara matriks PMMA dengan serat sisal mengakibatkan kuat tarik dari komposit rendah. Sifat dari serat alam yang *hidrofilik* bertolak belakang dengan sifat dari matriks PMMA yang *hidrofobik*. Hal inilah yang menyebabkan tidak ada ikatan yang bagus antara serat sisal mentah dengan matriks PMMA.



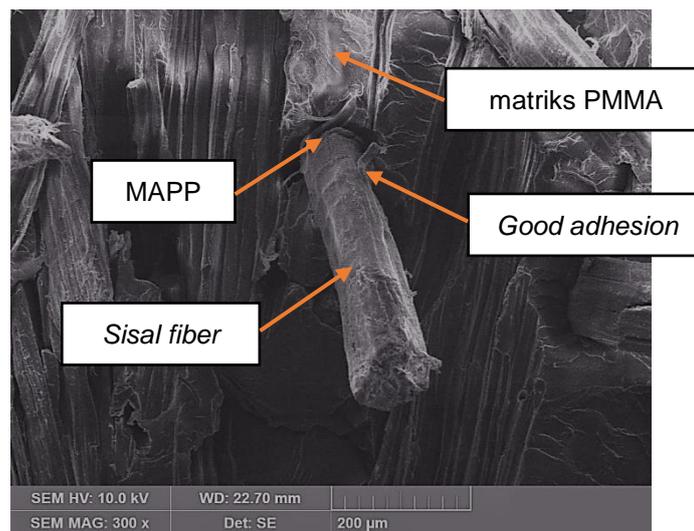
Gambar 3.5. Struktur patahan komposit PMMA/sisal alkalisasi

Struktur patahan komposit PMMA/sisal alkalisasi **Gambar 3.5.** jarak *debonding* antara serat dan matriks menjadi lebih pendek dari pada komposit PMMA/sisal mentah. Proses alkalisasi menyebabkan serat sisal menjadi lebih bersih karena kadar lignin dan kotoran berkurang mengakibatkan *debonding* antara matriks dan serat menjadi lebih pendek. Sehingga kekuatan tarik dari komposit PMMA/sisal alkalisasi lebih tinggi dibandingkan dengan sisal/PMMA.



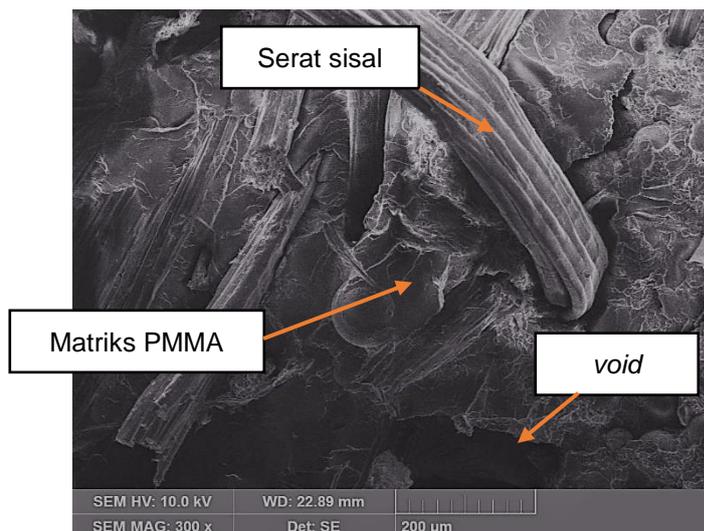
Gambar 3.6. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3%

Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 3% **Gambar 3.6.** terdapat banyak serat yang putus. Jarak *debonding* antara serat dan matriks cukup besar karena serat sisal yang digunakan tanpa perlakuan. Penambahan MAPP sebanyak 3% ternyata meningkatkan kuat tarik komposit daripada tanpa penambahan MAPP.



Gambar 3.7. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5%

Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% **Gambar 3.7.** ada ikatan yang bagus antara matriks PMMA dengan serat sisal. Jarak antara serat dan matriks masih cukup besar karena serat sisal yang digunakan tanpa perlakuan juga karena perbedaan sifat kedua material. Namun penambahan MAPP sebanyak 5% dapat mengatasi kekurangan dari komposit serat sisal dan matriks PMMA. Terbukti adanya ikatan kimia antara matriks dan serat sisal. Gugus hidroksil yang ada pada permukaan serat sisal diikat oleh MAPP. Ini yang mengakibatkan meningkatkannya kuat tarik komposit. Komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 5% memiliki kuat tarik yang paling tinggi dibandingkan dengan komposit lainnya. Penambahan 5% MAPP merupakan penambahan yang paling optimal untuk meningkatkan kuat tarik.



Gambar 3.8. Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10%

Struktur patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10% **Gambar 3.8.** ikatan antara matriks dengan serat tidak terlihat secara jelas. Penambahan MAPP yang terlalu banyak mengakibatkan adanya *barrier* yang menghalangi MAPP terikat ke serat sisal. Ini yang mengakibatkan penambahan 10% MAPP justru membuat kuat tarik komposit menurun. Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PMMA/sisal mentah/MAPP 10% mengakibatkan kuat tarik dari komposit kurang optimal. Walaupun jumlahnya sedikit dari hasil pengamatan hasil patahan permukaan, namun tidak menutup kemungkinan masih ada void yang berada didalam komposit.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan *scouring* atau alkalisasi pada serat sisal meningkatkan kekuatan mekanis komposit PMMA/sisal mentah.
2. Penambahan *maleic anhydride grafted polypropylene* (MAPP) 5% meningkatkan kekuatan mekanis paling optimal pada komposit PMMA/sisal mentah daripada 3 dan 10% dengan kekuatan dan modulus tarik adalah 44,97 MPa dan 1,486 GPa, sedangkan kekuatan dan modulus bending adalah 74,87 MPa dan 2,121 GPa.
3. Penambahan 5% MAPP ke dalam komposit PMMA/sisal mentah lebih efektif meningkatkan kekuatan mekanis dibandingkan dengan komposit PMMA/sisal alkalisasi.

REFERENSI

- Abednego D. M., Zwane P. and Nkambule N. Antimicrobial properties of sisal (*Agave sisalana*) used as an ingredient in petroleum jelly production in Swaziland. *Current Research Journal of Biological Sciences*. 2010; 2(6): 370-374.
- ASTM Standard. D638-01. *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. United States. ASTM International. 2001.
- ASTM Standard. D790-02. *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics Insulating Materials*. United States. ASTM International. 2002.
- Beckwith S.W. Natural Fiber: Natura Providing Technology for Composites. *SAMPE Journal*. 2008; 44(3): 64-65.
- Bombac D., Brojan P., Fajfar F., Kosel and Turk R. Review of Materials in Medical Applications, *Materials and Geoenvironment*. 2007; 54(4): 471-499.

- Brink M. and Escobin R.P. Fibre Plants Backhys Publishers Leiden the Nethelands. *Plant Resources of South- East Asia* 17. 2003.
- Chand N., Tiwary R.K and Rohatgi P.K. Bibliography resource structur properties of natural cellulosic fibres: anannotated bibliography. *Journal of Materials Science*. 1988; 23(2): 381-387.
- Chandramohan D. and Marimuthu K. A Review on Natural Fibers. *IJRRAS*. 2011; 8 (2):194-205.
- Chauhan A. And Kaith B. Development and Evaluation of Novel Roselle Graft Copolymer. *Malaysian Polymer Journal*. 2011; 6(2): 176-188.
- Gilbert J. L., Diane S. N. and Eugene P. L. Self-reinforced composites poly(methyl methacrylate) : static and fatigue properties. *Journal Biomaterials*. 1995; 16: 1043-1055.
- Joseph K. R. D., Tolêdo F., James B., Thomas S. and de Carvalho L. H. A Review on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 1999; 3(3): 367-379.
- Maryanti B., As'ad S. and Slamet W. 2012. *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*: Rekayasa Mesin 2012; 2(2): 123-129.
- Murherjee P.S. and Satyanarayana K.G. Structure and properties of some vegetable fibres, part 1. Sisal fibre. *Journal of Materials Science*. 1984; 19(12): 3925-3934.
- Nahyudin. *Pengaruh Maleated Polypropylene Terhadap Kuatan Tarik Komposit Sisal Polypropylene*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah mada; 2016.
- Pratiwi H. The Effects of Coupling Agent And Surface Treatment On Morphological And Mechanical Properties Of Kenaf Fiber Reinforced Polypropylene Composites. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah mada; 2013.
- Raharjo, Aries, Fitriyani and Indra. Sifat Tarik dan Lentur Komposit rHDPE/Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV. 2015.
- Rana S. and R. Fanguero. *Advanced composites in aerospace engineering*. School of Engineering. University of Minho.Guimaraes. Portugal. 2016.
- Santos J. D., Branco A., Silva A. F., Pinheiro C. S., Neto A. G., Uetanabaro A. P., Queiroz S. R. and Osuna J. T. Antimicrobial activity of Agave sisalana. *African Journal of Biotechnology*. 2009; 8(22), 6181-6184.
- Sosiati H., Pratiwi D.A.W. and Soekrisno. The Influens of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morfology of Cellulose Microfibrils. *Advance Materials Research*. 2015; 1123: 147-150.
- Towo A. N. and Martin P.A. Fatigue of sisal fibre reinforced composites: Constant-life diagrams and hysteresis loop capture. *Composites Science and Technology*. 2008; 68: 915-924.
- Witono K., Yudy and Heru. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong. *Jurnal rekayasa mesin*. 2013; 4(3); 227-234.
- Xu J., Cong L. and Y. Li. Fabrication and Mechanical Properties of Short Sisal Fiber Reinforced Composites Used for Dental Application. *18th Int. Conf. on Composite Materials*. 2009.
- Zhou X., Yu and Chen. MAPP in Foamed PP Composite. *BioResources*. 2013; 8(4): 6263-6279.

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Sisal/Polymethyl Methacrilate (PMMA) dengan dan tanpa Penambahan Maleic Anhydrite Grafted Polypropilene (MAPP)

Judul Naskah Publikasi: Karakterisasi Sifat Mekanis Komposit Sisal/Polymethyl Methacrilate (PMMA) dengan dan tanpa Penambahan Maleic Anhydrite Grafted Polypropilene (MAPP)

Nama Mahasiswa: Yuda Aria Binangun

NIM: 20140130028

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

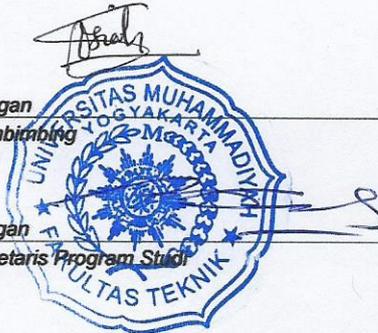
Nama Mahasiswa Yuda Aria B.

18-8-2018

Tanggal

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui



Tanda Tangan

Dosen Pembimbing

18-8-2018

Tanggal

Tanda Tangan

Ketua/Sekretaris Program Studi

23-08-2018

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