

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS KOMPOSIT HIBRID ABAK/KARBON/PMMA DENGAN VARIASI WAKTU ALKALISASI SERAT ABAKA

Muhammad Faisal^a, Harini Sosiati^a, Muh. Budi Nur Rahman^a

^a Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
Muhammad.Faisal.2015@ft.umy.ac.id

Intisari

Serat alam telah dikembangkan sebagai bahan penguat komposit, karena, relatif murah, dan mempunyai kekuatan yang tinggi. Perkembangan komposit serat alam meningkat setiap tahunnya. Penelitian komposit serat alam untuk aplikasi biomedis telah banyak dilakukan didalam dan diluar negeri. Penelitian yang dilakukan lebih menfokuskan kelayakan komposit pada tubuh manusia. Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk aplikasi biomedis adalah serat abaka merupakan jenis tanaman yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi.

Pada penelitian ini serat abaka dimodifikasi dengan cara alkali menggunakan 6% NaOH dengan variasi tanpa alkali, waktu alkali selama 4 jam, 12 jam, dan 36 jam. Perbandingan fraksi volume serat abaka terhadap matriks adalah 20% : 80%. Fabrikasi komposit hibrid abaka/karbon/PMMA dilakukan dengan satu lapis menggunakan mesin *cold press*, tekanan 2,18 MPa, selama 60 menit. Pengujian mekanis dilakukan uji tarik spesimen dengan mengacu pada standar ASTM D638-01. Patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA dikarakterisasi menggunakan SEM yang disupport dengan optik makro, untuk mengetahui korelasi perubahan struktur patahan komposit.

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa komposit hibrid abaka/karbon/PMMA meningkat seiring dengan lama durasi waktu alkali serat abaka. Pada variasi tanpa alkali nilai kuat tarik 73,03 MPa, dan modulus elastisitas 5,27 GPa. Pada variasi 4 jam alkali nilai kuat tarik 87,45 MPa, dan modulus elastisitas 5,57 GPa. Pada variasi 12 jam alkali nilai kuat tarik 92,13 MPa, dan modulus elastisitas 5,78 GPa. Pada variasi 36 jam alkali telah menghasilkan nilai kuat tarik yang tertinggi mencapai 100,31 MPa, dan modulus elastisitas 5,87 dan. Hasil uji optik makro dan SEM menunjukkan bahwa korelasi perubahan nilai kuat tarik dan struktur patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA variasi tanpa alkali, 4 jam alkali, 12 jam alkali, menunjukkan bahwa seiring dengan lama durasi waktu alkali serat abaka *fiber pollout* dan *void* semakin menurun. Pada 36 jam alkali menunjukkan bahwa ikatan antarmuka yang baik antara serat dan matriks, sehingga tidak ada *fiber pullout* maupun *void*.

Kata Kunci : abaka, karbon, alkali, PMMA, uji tarik, optik, SEM.

1. PENDAHULUAN

Serat alam telah dikembangkan sebagai bahan penguat komposit, karena relatif murah, dan mempunyai kekuatan tinggi. Perkembangan komposit serat alam meningkat setiap tahunnya. (Beckwith, 2008). Penelitian tentang komposit serat alam untuk aplikasi biomedis telah banyak dilakukan didalam dan diluar negeri. Penelitian yang dilakukan lebih memfokuskan kelayakan komposit pada tubuh manusia. Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk aplikasi biomedis adalah abaka yang merupakan jenis tanaman yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi. (Chandramohan, et al., 2011).

Menurut Gibson. (1994) matriks pada struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer yakni *Polymethyl methacrylate* (PMMA). *Polymethyl methacrylate* (PMMA) merupakan resin akrilik yang biasanya banyak digunakan pada dunia kedokteran gigi, karena harganya murah, proses resperasi cepat serta proses pembuatannya mudah, akan tetapi *Polymethyl methacrylate* (PMMA) rentan terhadap benturan. Serat alam abaka diketahui sebagai penguat (*filler*) yang banyak digunakan untuk komposit karena memiliki densitas yang rendah, harga yang relatif murah dan modulusnya yang tinggi dan tidak beresiko terhadap kesehatan serta ketersediaan yang melimpah sebagai bahan alam terbarukan. (Dedi, 2015). Serat abaka memiliki sifat mekanis yang tinggi, yaitu kekuatan tarik 270-600 MPa dan mempunyai densitas 1,4 gr/cm³ dan regangan 1,6 % (Dawam, et al., 2009). Serat abaka memiliki diameter serat 150-260 μm ukuran *microfibril*, mengandung 56-68 % selulosa, hemi selulosa 19-25 %, lignin 5-13 %, pektin 0,5-1 %, wax 0,2-3 %, dan *water solubles* 1,4 %. (Miissig, et al., 2010).

Akan tetapi komposit serat alam memiliki kelemahan yaitu serat bersifat hidrofilik yang berlawanan dengan matrik polimer yang bersifat hidrofobik. Hal ini mengakibatkan lemahnya ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik dan menurunkan sifat mekanik dari komposit tersebut (Bledzki, et al., 1998). Namun kelemahan ini dapat diatasi dengan cara modifikasi permukaan serat. Ada berbagai cara modifikasi permukaan serat diantaranya yaitu steam, alkali, dan kombinasi steam-alkali (Sosiati, et al., 2014) dan juga penambahan MAPP sebagai *coupling agent* (Sosiati, et al., 2016). Metode modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode alkalisasi yaitu perendaman serat menggunakan 6% NaOH mengacu pada penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa konsentrasi sekitar 6% NaOH adalah nilai optimum untuk perlakuan alkali pada serat kenaf (Sosiati, et al., 2015).

Penelitian serat alam dengan tambahkan serat karbon perlakuan sudah pernah dilakukan oleh (Chandramohan, et al., 2011). Alfian Khalim. (2018) melaporkan bahwa perendaman dengan cairan nitrogen yang optimal yaitu selama 10 menit. Namun penelitian serat alam menggunakan matriks PMMA dengan penambahan serat karbon belum dilakukan. Akan tetapi pada penelitian ini, menggunakan serat abaka, karna harganya yang relatif murah, memiliki sifat mekanis yang tinggi, modulusnya yang tinggi dan tidak beresiko pada kesehatan tubuh manusia, dan akan memodifikasi permukaan serat abaka dengan cara waktu alkalisasi dengan variasi 4 jam, 12 jam, dan 36 jam, pemilihan variasi waktu alkalisasi tersebut, bermaksud membandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sosiati, et al., 2019) memodifikasi permukaan serat kenaf dengan variasi waktu alkalisasi 4 jam, 10 jam, 24 jam, dan 36 jam. Serat karbon waktu perendaman dalam nitrogen cair 10 menit, menggunakan matriks PMMA. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu alkalisasi serat abaka terhadap nilai kuat tarik komposit hibrid abaka/karbon/PMMA, dan mengetahui korelasi perubahan nilai kuat tarik dan struktur patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA menggunakan mikroskop optik makro dan SEM.

2. METODE

2.1 Perlakuan Alkali Serat Abaka

Serat abaka dipilih lalu dipotong setiap 30 cm dan diikat diujungnya agar serat abaka tidak berantakan dan mempermudah ketika proses penyikatan serat untuk membersihkan kotoran pada serat abaka, Sebelum dicuci, serat abaka disisir agar mudah dibentuk, Serat abaka divariasikan yakni tanpa alkali (*untreated*), dan, 4 jam alkali, 12 jam alkali, 36 jam alkali. dengan menggunakan NaOH konsentrasi : 6% berat, Setelah itu buang bekas larutan NaOH kedalam jerigen khusus limbah, Setelah serat di rendam selama 4 jam, 12 jam, dan 36 jam, serat abaka dibilas dengan air yang mengalir agar kotoran dari perendaman larutan NaOH hilang, Melarutkan larutan asam asetat konsentrasi : 1 % berat selama 1 jam untuk menetralkan serat abaka sisa larutan NaOH yang bersifat basa, Kemudian serat abaka direndam dengan menggunakan aquades selama 24 jam agar serat benar-benar netral, Kemudian serat abaka dikeringkan dengan suhu ruangan, Setelah kering, serat abaka disisir kembali sehingga membantu pada proses pemotongan, terakhir serat abaka dipotong dengan panjang 6 mm, Mempersiapkan serat karbon yang digunakan, Serat karbon dipotong 20 mm sesuai dengan ukuran wadah nitrogen cair yaitu termos aluminium 2,5 L, Serat karbon kemudian dimasukkan kedalam wadah yang berisi nitrogen cair yaitu termos aluminium 2,5 L, selama 10 menit, terakhir , setelah serat karbon direndam selama 10 menit, kemudian dikeluarkan dari termos aluminium 2,5 L, wadah perendaman , dan di keringkan , dan kalau sudah kering di lanjutkan ke proses pemotongan serat karbon 10 mm

2.2 Pembuatan Komposit

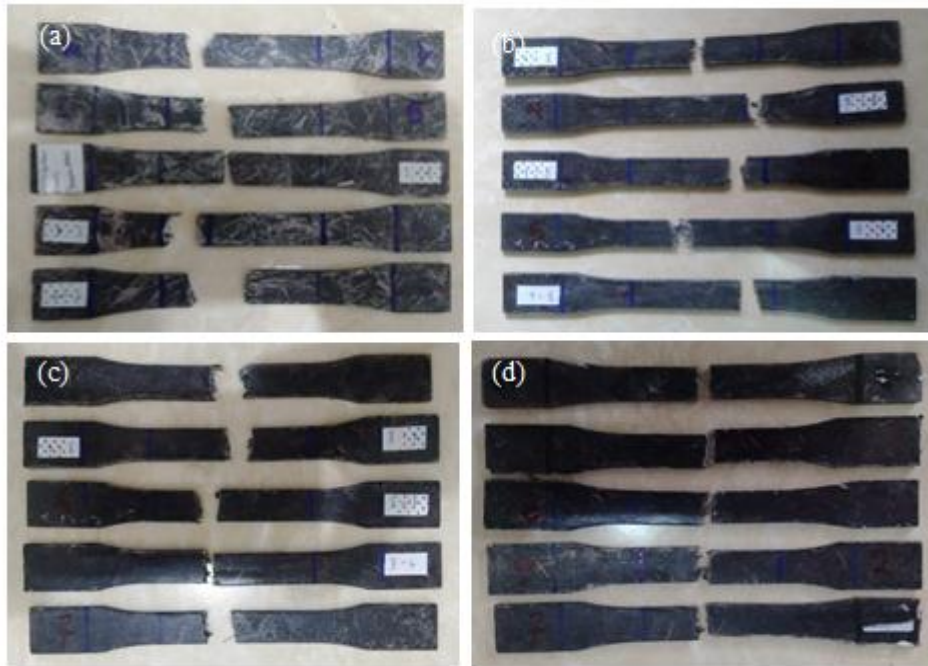
Perhitungan komposit menggunakan fraksi volume serat 20% dan matriks 80% dengan perbandingan abaka/karbon 1:1. Proses pembuatan komposit dilakukan mempersiapkan serat abaka dengan tanpa alkali (*untreated*), perlakuan 4 jam alkali, 12 jam alkali, dan 36 jam alkali, lalu dipotong serat *abaca* dengan panjang 6 mm, mempersiapkan serat karbon dengan perlakuan alkali 10 menit, lalu dipotong serat karbon dengan panjang 10 mm, mempersiapkan matriks PMMA dan Liquid SC sebagai katalisnya, mempersiapkan cetakan yang sudah sesuai dengan ASTM D638-01, setelah itu, cetakan pengujian tarik ASTM D638-01 ,diolesi secara merata menggunakan *Mirror Glaze*, menata serat dan matriks disusun pada cetakan, dengan susunan lapisan PMMA/abaka/karbon/PMMA. Setelah serat dan matriks disusun pada cetakan, langsung ditekan menggunakan alat *cold press* pada tekanan pada spesimen 2,18 MPa, selama 60 menit, setelah selesai proses press, lepas cetakan dari alat *cold press* dan lepas hasil spesimen komposit dari cetakan, bersihkan cetakan dari sisa kotoran yang menempel. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Spesimen komposit hibrid abaka/karbon/PMMA siap uji tarik ASTM D638-01

2.3 Uji Mekanis

Pengujian mekanis dilakukan pada semua spesimen yang telah difabrikasi. Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638-01 menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Universitas Sebelas Maret dengan merek SANS tipe SHT – 4106 yang berkapasitas 100 ton, dan berasal dari China. Pada pengujian tarik komposit abaka/karbon/PMMA didapatkan tiga parameter data kekuatan mekanik komposit yaitu kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan regangan tarik. Berikut adalah foto patahan hasil pengujian tarik yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

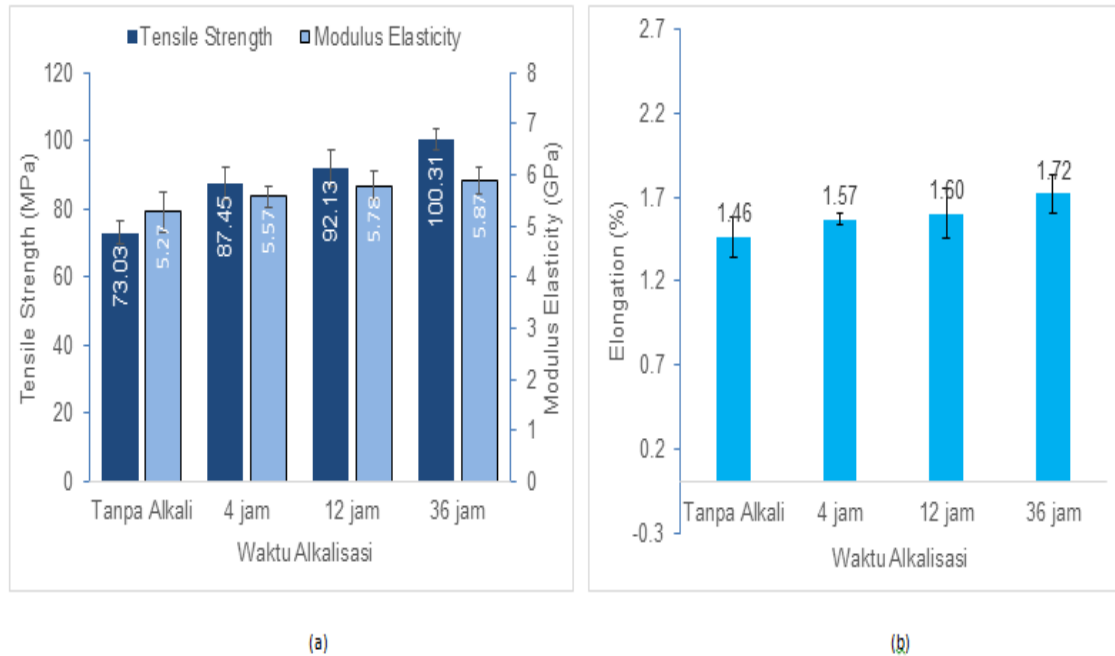


Gambar 2.2 Hasil Patahan spesimen komposit hibrid abaka/karbon/PMMA variasi uji tarik (a) tanpa alkali (*untreated*), (b) 4 jam alkali, (c) 12 jam alkali, dan (d) 36 jam alkali.

Pada gambar 4.1 Hasil Patahan spesimen komposit hibrid abaka/karbon/PMMA, tanpa alkali (*untreated*), gambar (a) hasil patahan tidak semua berada di tengah, hal ini karena dalam proses fabrikasi pembagian serat abaka tanpa alkali dan serat karbon tidak merata dalam wadah cetakan ASTM D638-01, sehingga menghasilkan patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA bagian tepi. Hal ini dapat menyebabkan turunnya nilai kekuatan tarik pada komposit hibrid abaka/karbon/PMMA. Pada komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 36 jam alkali gambar (d) hasil patahan semua merata, hal ini karena dalam proses fabrikasi pembagian serat abaka 36 jam alkali dan serat karbon semua merata dalam wadah cetakan ASTM D638-01, sehingga menghasilkan patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA semua dibagian tengah. Hal ini dapat menyebabkan naiknya nilai kuat tarik pada komposit hibrid abaka/karbon/PMMA.

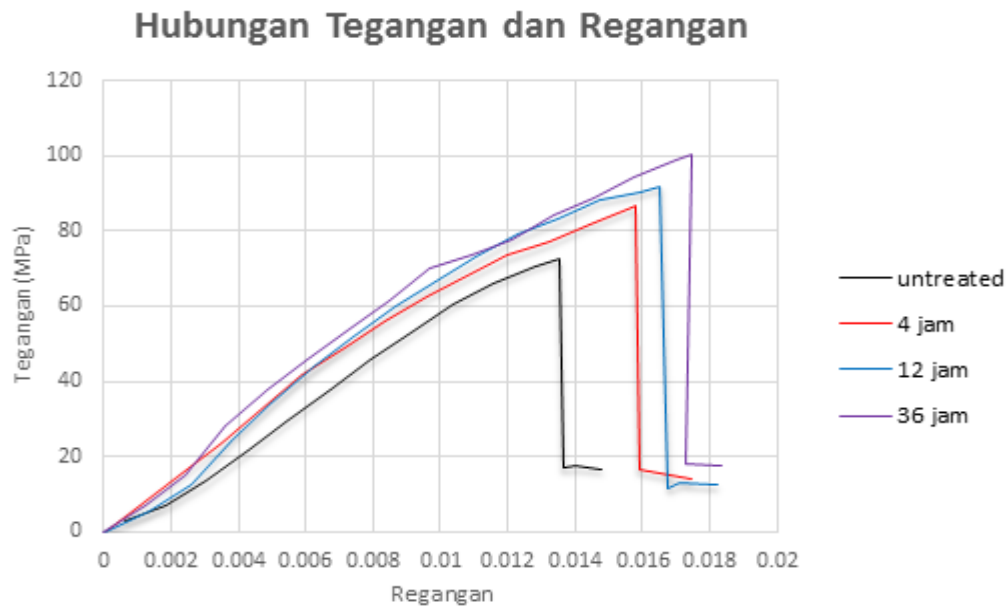
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pengujian Mekanis



Gambar 3.1. Grafik Tensile Strength, Modulus Elasticiti (a) dan Elongation (b)

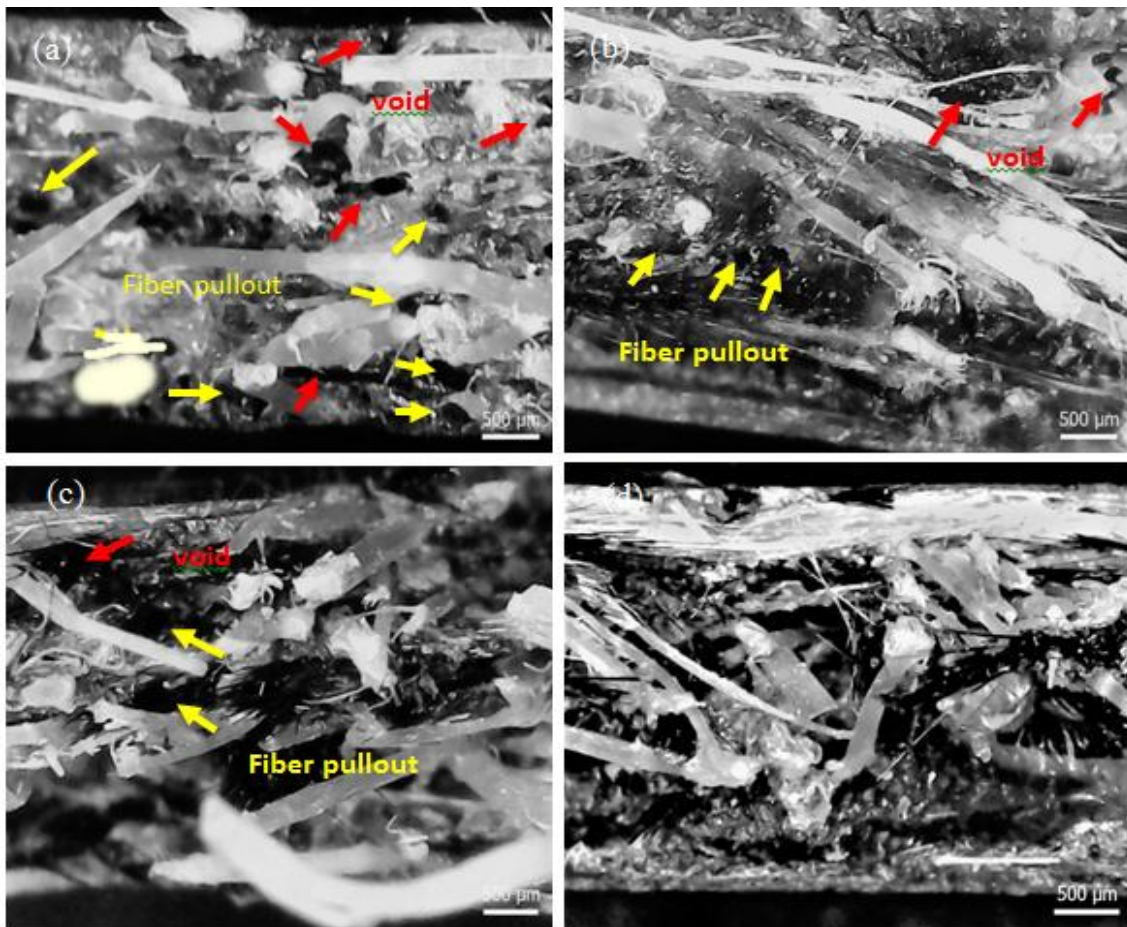
Grafik kekuatan tarik modulus elastisitas, dan regangan tarik komposit hibrid abaka/karbon/PMMA, dapat menunjukkan bahwa, seiring dengan lama durasi waktu alkali serat abaka, komposit hibrid abaka/karbon/PMMA berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Pada grafik 4.2 komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 36 jam alkali, dimana diperoleh kekuatan tarik sebesar 100,31 MPa, modulus elastisitas sebesar 5.87 GPa, dan regangan sebesar 1.72 %, dengan demikian peningkatan sifat tarik telah dipengaruhi oleh meningkatnya durasi waktu alkali yang mengarah pada peningkatan situs ikatan antarmuka serat/matriks dan penambahan serat karbon, yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Material komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 36 jam alkali, memiliki kemampuan menerima beban yang besar, dan material tersebut cenderung getas.



Gambar 3.2 Grafik hubungan tegangan dan regangan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA.

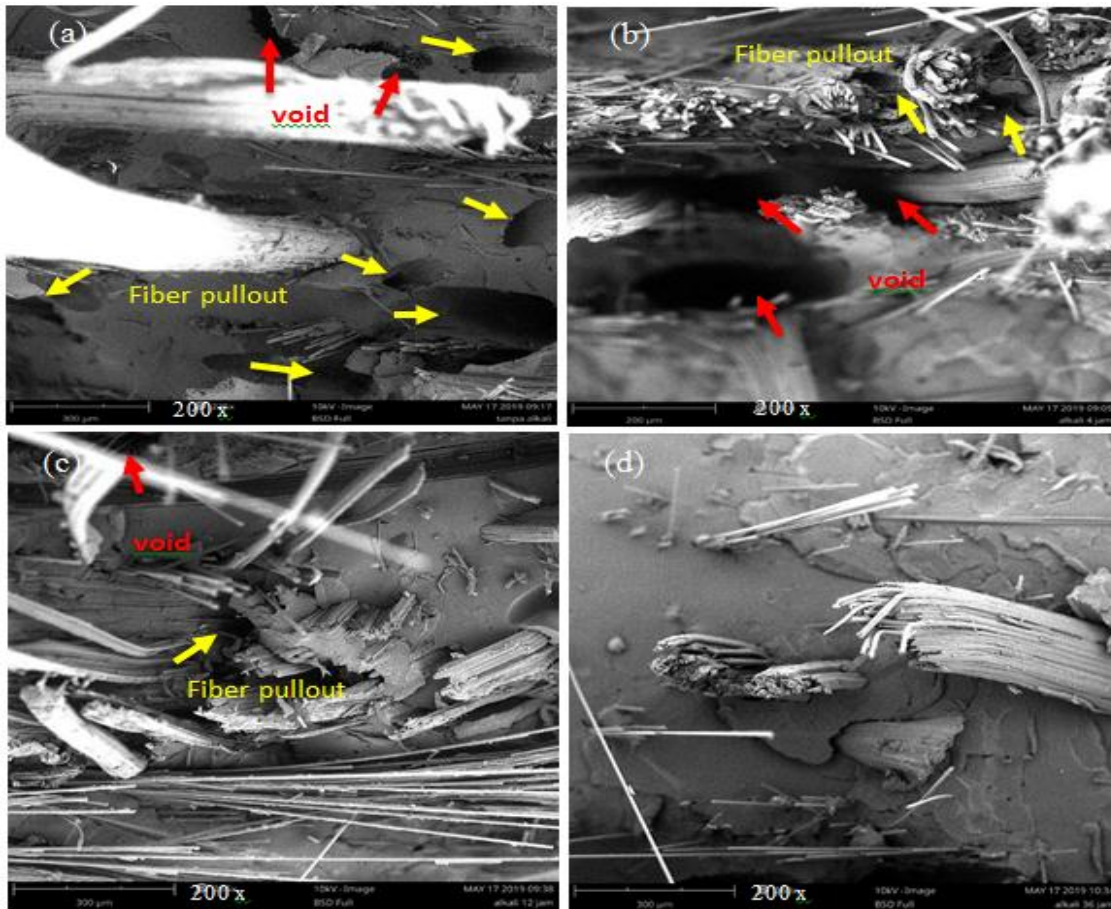
Grafik hubungan tegangan dan regangan menunjukkan bahwa tegangan tarik komposit hibrid abaka/karbon/PMMA semakin besar maka, regangan tarik juga semakin besar. Pada warna ungu yaitu komposit hibrid abaka/karbon/PMMA alkali 36 jam menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang tinggi, karna memiliki kemampuan menerima beban yang besar, dan material tersebut cenderung getas, sedangkang warna hitam yaitu komposit hibrid abaka/karbon/PMMA tanpa alkali (*untreated*) menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang rendah, karna tidak mampu menerima beban yang besar, dan material tersebut cenderung getas.

3.2 Analisis hasil uji optik



Gambar 3.3 Hasil Uji optik makro (a) Komposit hibrid abaka/PMMA Tanpa alkali (untreated), (b) komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 4 jam alkali, (c) komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 12 jam alkali, (d) komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 36 jam alkali.

Pada Gambar 3.3 Hasil uji optik makro. Komposit hibrid abaka/PMMA tanpa alkali gambar (a) menunjukkan bahwa banyaknya *fiber pullout* (panah kuning) dan *void* (panah merah), hal ini karena ikatan serat dan matriks lemah. Pada komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 4 jam alkali gambar (b) jumlah *fiber pullout* menurun (panah kuning), tetapi masih banyak *void* (panah merah), hal ini disebabkan proses fabrikasi komposit secara manual. Kemudian pada komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 12 jam alkali, *fiber pullout* dan *void* semakin menurun, hal ini disebabkan oleh udara yang tertahan didalam matriks ketika proses kempa. Permukaan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA dengan waktu 36 jam alkali menunjukkan ikatan antarmuka yang baik antara serat dan matriks, sehingga tidak ada *fiber pullout* maupun *void*. Pada Gambar 3.4 hasil uji optik makro didukung oleh penglihatan pada SEM dengan perbesaran 200x sebagai berikut :



Gambar 3.4 Hasil Uji SEM (a) Komposit hibrid abaka/PMMA Tanpa alkali (untreated), (b) komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 4 jam alkali, (c) komposit hbrid abaka/karbon/PMMA 12 jam alkali, (d) komposit hibrid abaka/karbon/PMMA 36 jam alkali.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa komposit hibrid abaka/karbon/PMMA meningkat seiring dengan lama durasi waktu alkali serat abaka. Pada serat abaka tanpa alkali nilai kuat tarik 73,03 MPa, dan modulus elastisitas 5,27 GPa. Pada serat abaka 4 jam alkali nilai kuat tarik 87,45 MPa, dan modulus elastisitas 5,57 GPa. Pada serat abaka 12 jam alkali nilai kuat tarik 92,13 MPa, dan modulus elastisitas 5,78 GPa. Pada serat abaka 36 jam alkali telah menghasilkan nilai kuat tarik yang tertinggi mencapai 100,31 MPa, dan modulus elastisitas 5,87 GPa.
2. Hasil uji optik makro dan SEM menunjukkan bahwa korelasi perubahan nilai kuat tarik dan struktur patahan komposit hibrid abaka/karbon/PMMA serat abaka tanpa alkali, serat abaka 4 jam alkali, serat abaka 12 jam alkali, menunjukkan bahwa seiring dengan lama durasi waktu alkali serat abaka *fiber pollout* dan *void* semakin menurun. Pada serat abaka 36 jam alkali menunjukkan bahwa ikatan antarmuka yang baik antara serat dan matriks, sehingga tidak ada *fiber pullout* maupun *void*.

Hasil penelitian ini bisa menjadi bahan alternatif di bidang biomedis, karena kekuatan tarik mencapai 100.31 MPa, dan sudah memenuhi standar pembuatan *prosthesis* (Otto Bock) serat glass yaitu kekuatan tarik 67 MPa.

REFERENSI

- Bledzki, A. K., Gassan J. & Theis S., 1998. Wood-Filled Thermoplastic Composites. *Mechanics of Composite Materials*, 34, pp. 563.
- Beckwith, S.W., 2008. Natural Fiber: Natural Providing Technology For Composite, 44 (3), pp. 64-65.
- Chandramohan D. & Marimuthu K., 2011. A Review On Natural Fibers. *Ijrras*, 8 (2), pp. 194-206.
- Dedi, S., 2015. Karakterisasi Serat Abaca Sebagai Alternatif Penguat Komposit Ramah Lingkungan. *Indepte*, 4, pp. 2087-9245.
- Dawam, A., 2009. Identifikasi Morfologi Dan Sifat Mekanik Serat Abaka. *J. Tropical Wood Science And Technology*, 7(1), pp. 34-35.
- Gibson, F., 1994. *Principle Of Composite Material Mechanisc*. New York. Me Graw Hill, 12, pp. 100-106.
- Khalim, A., 2018. Pengaruh Modifikasi Permukaan Serat Karbon Terhadap Sifat Bending Dan Daya Serap Air Komposit Hibrida Sisal-Karbon/Polivinil Klorida (Pvc). *UMY*, pp 60
- Mussig, J., Fisher, H., & Graupner, N., 2010. Testing Methods for Measuring Physical and Mechanical Fibre Properti (Plant and Animal Fibre). *Industrial Application of Natural Fibre : Structure, Properties and Technical Aplications*, pp. 33-34.
- Sosiati, H. & Harsojo., 2014. Relationships Between Tensile Strength, Morphology And Crystallinity Of Treated Kenaf Bast Fibers. *AIP Conf. Proc*, 1554. 42, pp. 43.
- Sosiati, H., Pratiwi, H., Wijayanti, A. S., & Soekrisno., 2015. The Influence of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morphology of Cellulose Microfibrils. *Advanced Materials Research*, 1123, pp. 148.
- Sosiati, H., Nuryadin, A., Fauzi, I., Wijayanti, A. D., & Triyana, K., 2016. Bio-composites fabricated by sandwiching sisal fibers with polypropylene (PP). *AIP Conference Proceedings*, pp 1-5.
- Sosiati, H., Anugrah, R., Binagun, A. Y., Rahmatullah, A., & Budiyanoro, C., 2019. Characterization Of Tensile Properties Of Alkali-Treated Kenaf/Polypropylene Composites. *AIP Conference Proceedings*, pp. 030113-1 – 030113-7.
- Sosiati, H., Binagun, A. Y., Utama, P. A., & Sudarisman., 2019. The Mechanical Properties Of Sisal/PMMA And Sisal/Carbon/PMMA Biomedical Composites, *to be published in Key Engineering Materials*, pp 1013-9826.