

Pengaruh Kadar dan Waktu Perendaman Serat Bambu Betung pada Larutan Kalium Permanganat terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Bermatriks Epoksi

Zaid Sulaiman*, Fabrobi Fazlur Ridha, Dodi Iwan Sumarno

Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra,

Jl. Raya Cibatua Cisaat No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kab. Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia

*E-mail: zaid.sulaiman@nusaputra.ac.id

Diajukan: 03-11-2023; Diterima: 14-04-2023; Diterbitkan: 20-04-2023

Abstrak

Banyak komposit serat alam yang sering dipelajari di era ini karena sifat ramah lingkungan dari bahan yang dimiliki. Salah satu serat alam yang memiliki kekuatan tinggi adalah Bambu Betung (*Dendrocalamus esper*). Bahan ini berlimpah di wilayah Indonesia dan sifat materialnya dapat ditingkatkan dengan memodifikasinya dengan perlakuan kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan kimia $KMnO_4$ terhadap pembuatan komposit Bambu Betung. Metode pembuatan yang digunakan adalah metode hand lay-up dengan pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian tarik, pengujian bending, pengujian densitas dan pengamatan makrostruktur. Dari hasil densitas didapatkan densitas tertinggi terjadi pada kadar $KMnO_4$ 7% yaitu 1,1526 gr/cm³ dan 1,1501 gr/cm³ pada waktu perendaman 30 menit. Dari hasil uji tarik, konsentrasi 5% menghasilkan kuat tarik dan modulus tertinggi yaitu 30,86 MPa dan 2,42 GPa, sedangkan untuk variabel waktu perendaman kekuatan tarik relatif sama antara waktu perendaman 15 menit dan 30 menit. Modulus tertinggi diperoleh $KMnO_4$ dari proses perendaman selama 15 menit. Dari hasil pengujian lentur, kekuatan lentur dan modulus tertinggi diperoleh pada kadar $KMnO_4$ 5% dan lama perendaman 15 menit yaitu 67,27 MPa, dan 2595 MPa. Berdasarkan pengamatan makrostruktur, ditemukan bahwa sesar yang terjadi dengan perlakuan $KMnO_4$ mengalami *overload*, sedangkan yang tanpa perlakuan mengalami patahan *fiber pull-out*.

Kata kunci: Komposit Bambu Betung; Kalium Permanganat; Sifat Mekanik

Abstract

One of the composites that is still being researched is natural fiber composites. This is because natural fiber composites have environmentally friendly properties. One of the natural fibers that have high strength is bamboo betung (*Dendrocalamus esper*). One of the ways to improve the properties of bamboo is by modifying chemical treatments. The manufacturing method used is the hand lay-up method. The tests carried out are tensile testing, bending testing, density testing and macrostructural observations. From the density results, it was found that the highest density occurred at 7% $KMnO_4$ content, which was 1.1526 gr/cm³ and the immersion time of 30 minutes was 1.1501 gr/cm³. From the tensile test results, it was found that the 5% concentration produced the highest tensile strength and modulus, namely 30.86 MPa and 2.42 GPa, while for the immersion time variable the tensile strength was relatively the same between the immersion time of 15 minutes and 30 minutes, but the highest modulus was obtained in the $KMnO_4$ immersion process for 15 minutes. From the results of the bending test, the highest bending strength and modulus were obtained by 5% $KMnO_4$ content and 15 minutes immersion time, namely 67.27 MPa, and 2595 MPa. Based on macrostructural observations, it was found that the faults that occurred with $KMnO_4$ treatment were overloaded, while those without treatment experienced fiber pull-out fractures.

Keywords: Fiber-Bamboo Composite; Potassium Permanganate; Mechanical Properties

1. Pendahuluan

Komposit Matriks Polimer merupakan komposit yang memiliki harga relatif murah, fabrikasi yang simpel, lebih ringan dan menghasilkan sifat mekanik yang diinginkan. Meskipun komposit bermatriks polimer memiliki ketahanan temperatur yang rendah dan koefisien thermal ekspansi yang tinggi. Akan tetapi, penelitian tentang komposit bermatriks polimer masih dikembangkan karena aplikasinya sangat luas. Matriks polimer pada penelitian kali ini adalah resin epoksi. Resin epoksi karena memiliki kekuatan tarik yang lebih kuat dibandingkan resin poliester dan vinil ester [1].

Selain matriks, komponen komposit terdiri dari penguat atau *reinforce*. Salah satu contoh jenis penguat komposit adalah serat. Komposit dengan serat alam telah banyak digunakan dalam industri otomotif. misalnya seperti pembuatan inner panel, seat back, roof inner panel dan lain-lain. Komposit dengan serat alam dipilih karena harganya yang lebih

murah, massa jenisnya lebih rendah, lebih ramah lingkungan, dan sifat peredam akustik yang lebih baik dibandingkan serat karbon dan serat kaca [2].

Salah satu serat alam yang banyak di Indonesia dan kuat adalah serat bambu. Serat bambu memiliki memiliki kekuatan yang relatif kuat dan lebih ringan dibandingkan serat alam lainnya. Serat ini memiliki massa jenis $0,974 \text{ g/cm}^3$ dan kekuatan tarik $45,62 \text{ MPa}$ [3]. Bambu Betung merupakan bambu yang paling kuat dibandingkan bambu lainnya, bahkan kekuatan bambu setelah proses alkalisasi meningkat mencapai $384,6 \text{ MPa}$, walaupun massa jenisnya lebih tinggi dengan $1,3 \text{ g/cm}^3$ [4].

Ada beberapa perlakuan yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat komposit pada komposit serat alam seperti proses Alkalisasi. Selain Alkalisasi, proses modifikasi kimia lainnya adalah menggunakan larutan Kalium Permanganat. Hal ini ditunjukkan oleh Mohammed et. al. [5] yang telah melakukan penelitian terkait pengaruh kalium permanganat terhadap serat gula aren. Penelitian tersebut menunjukkan perlakuan dengan kalium permanganat kadar $0,125\%$ menghasilkan kekuatan tarik yang lebih kuat dibandingkan perlakuan alkalisasi dengan natrium hidroksida dengan kadar 6% . Adapun kekuatan tarik tertinggi sebesar 9 MPa , sedangkan dengan perlakuan alkalisasi natrium hidroksida kurang dari 6 MPa . Imoisili et. al. [6], juga telah melakukan penelitian pengaruh kalium permanganat pada serat alam pisang tanduk. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kekuatan tarik dengan perlakuan kalium permanganat lebih tinggi dari pada tanpa perlakuan. kekuatan tarik tertinggi terjadi pada kadar $0,05\%$ kalium permanganat lebih tinggi dari pada tanpa perlakuan. Adapun kekuatan tarik tertinggi sebesar 46 MPa , sedangkan yang tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik sebesar 23 MPa .

Dari penelitian-penelitian yang disebutkan, perlakuan Kalium Permanganat dengan kadar tertentu terbukti mampu meningkatkan kekuatan tarik dari pada tanpa perlakuan. Dari penelitian-penelitian yang telah dilaksanakan juga masih belum dilakukan penelitian terfokus pada perlakuan Kalium Permanganat dengan Bambu Betung sebagai serat komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Kalium Permanganat terhadap sifat mekanik komposit serat Bambu Betung. Hipotesis dari penelitian ini yaitu dengan dilakukan proses Kalium Permanganat pada serat bambu dapat meningkatkan kekuatan komposit serat alam Bambu Betung.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian komposit serat bambu betung dengan matriks resin epoksi memiliki variabel bebas waktu perendaman dan kadar kalium permanganat (KMnO_4). Untuk variabel kadar KMnO_4 adalah kadar 3% , 5% , dan 7% . Sedangkan variabel waktu perendaman adalah selama 15 menit dan 30 menit. Pemilihan variabel waktu perendaman dan kadar kalium permanganat mengikuti penelitian-penelitian sebelumnya [7,8]. Matriks yang digunakan adalah epoksi dengan penambahan hardener eph 555. Bambu Betung yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki umur 2 tahun.

Proses penelitian diawali dengan pembuatan serat, proses perendaman KMnO_4 , pembuatan cetakan dengan silikon rubber, pembuatan sampel, dan dilakukan pengujian bahan untuk mendapatkan data kekuatan tarik, kekuatan bending, dan nilai *density*. Sampel dibuat mengikuti standar ASTM D792 untuk mendapatkan nilai *density*, ASTM D790 untuk mendapatkan kekuatan bending, dan ASTM D638 untuk mendapatkan kekuatan tarik dan pengamatan secara makroskopik.

2.1. Pembuatan Serat

Proses pembuatan serat bambu betung dimulai dengan pemotongan serat bambu hingga membentuk serat bambu dengan diameter $\pm 1-2 \text{ cm}$. Kemudian dilakukan perendaman serat bambu dalam larutan NaOH $20\% \text{ V/V}$ pada

temperatur 27°C selama 1 jam. Pencucian serat bambu dengan HCl 2% V/V dan aquades [4]. Lalu serat bambu dikeringkan di bawah sinar matahari selama ±1 hari. Selanjutnya melakukan penggilingan serat bambu dengan mesin penggiling plat. Terakhir melakukan proses penyisiran serat bambu dengan sisir kawat untuk membuat serat lebih halus.

Hasil proses pembuatan serat bambu betung dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah proses pembuatan serat, tahapan selanjutnya adalah melakukan proses perendaman terhadap serat bambu batung tergantung variabel kadar KMnO₄ dan waktu perendaman.



Gambar 1. Serat Bambu Betung

2.2. Proses Perendaman KMnO₄

Proses perendaman KMnO₄ diawali memasukkan kalium permanganate merk SAP ke dalam gelas ukur. Kemudian tambahkan aquades hingga 250 ml. Tuangkan larutan KMnO₄ ke dalam sebuah botol. Lalu masukkan serat bambu ke dalam botol. Rendam larutan tersebut selama 15 menit untuk kadar 3%, 5% dan 7% kadar KMnO₄, serta 30 menit untuk kadar 5%. Keringkan serat bambu dibawah sinar matahari selama 1 hari.

2.3. Pembuatan Spesimen

Pembuatan sampel menggunakan metode hand lay-up diawali dengan Melakukan penimbangan pada resin dan hardener eph 555. Kemudian mencampurkan hardener ke dalam resin, lalu aduk selama ± 4 menit atau hingga dilihat rata. Sebelum dituang, resin dilakukan proses vakum pada vakum chamber selama 10 menit dengan tekanan -20 inhg. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan gelembung pada resin. Setelah di vakum, bersihkan gelembung-gelembung yang ada diatas menggunakan sendok untuk mengurangi gelembung-gelembung yang ada pada permukaan atas resin. Siapkan serat Bambu Betung pada cetakan silikon rubber dengan fraksi volume 5%. Kemudian tuangkan resin pada cetakan yang telah di isi dengan serat bambu. Setelah proses penuangan dilakukan, gelembung yang masih ada di tusuk menggunakan lidi untuk mengurangi resin yang terbentuk pada sampel. Lalu tunggu sampel ± 12 jam agar resin mengeras.

2.4. Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan menggunakan metode ASTM D 792 atau *metode displacement* [9]. Cairan yang digunakan untuk pengujian ini adalah ethanol yang memiliki massa jenis 0,78592 g/cm³. Alat yang digunakan merupakan *Sartorius Balance*. Adapun untuk menghitung massa jenis berdasarkan ASTM D 792 adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m_u}{m_a + m_u} = \rho_a \quad (1)$$

dimana ρ adalah massa jenis komposit (g/cm³), m_u adalah massa komposit di udara (gr), m_a adalah massa komposit di air (gr) dan ρ_a adalah massa jenis air pada temperatur kamar (gr/cm³).

2.5. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan metode ASTM D638-14 tipe 1 [10]. Sebelum diuji, sampel dilakukan *conditioning* pada temperatur 23°C dan kelembaban selama 50% RH selama lebih dari 40 jam. Jarak grip yang digunakan adalah 115

mm, sampel diuji tarik dengan kecepatan 5 mm/menit dan kondisi ruang uji memiliki temperatur 23,1 °C dan kelembaban 59,6 RH. Adapun alat yang digunakan untuk uji tarik adalah Shimadzu AG-X Plus 50 kN *Universal Testing Machine*.

2.6. Pengujian Bending

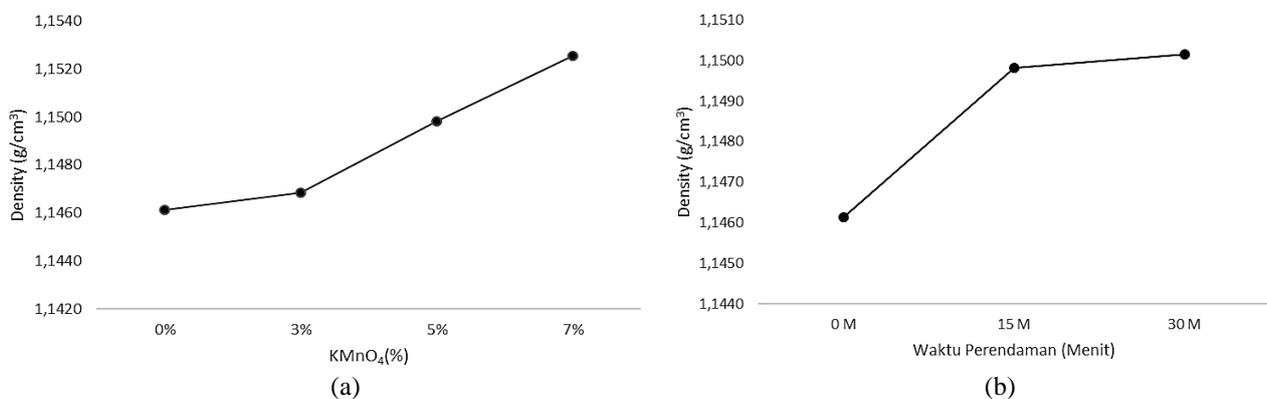
Pengujian bending dilakukan dengan metode ASTM D790-17 [11]. Sebelum diuji, sampel dilakukan *conditioning* pada temperatur 23 °C dan kelembaban 50% RH selama lebih dari 40 jam. Pengujian bending dilakukan dengan kecepatan 2,109 mm/menit dan jarak span 80 mm. Pengujian dilakukan dengan kondisi temperatur ruang 22,2 °C dan kelembaban 58,6% RH. Alat yang digunakan untuk pengujian bending adalah Shimadzu AG-X plus 50 kN *Universal Testing Machine*.

3. Hasil dan Diskusi

Data dan hasil perhitungan komposit yang telah dilakukan pengujian *density*, pengujian tarik dan pengujian densitas, kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisis dan pembahasan. Adapapun analisis pembahasan dari masing-masing pengujian adalah sebagai berikut.

3.1. Analisis Hasil Uji Density

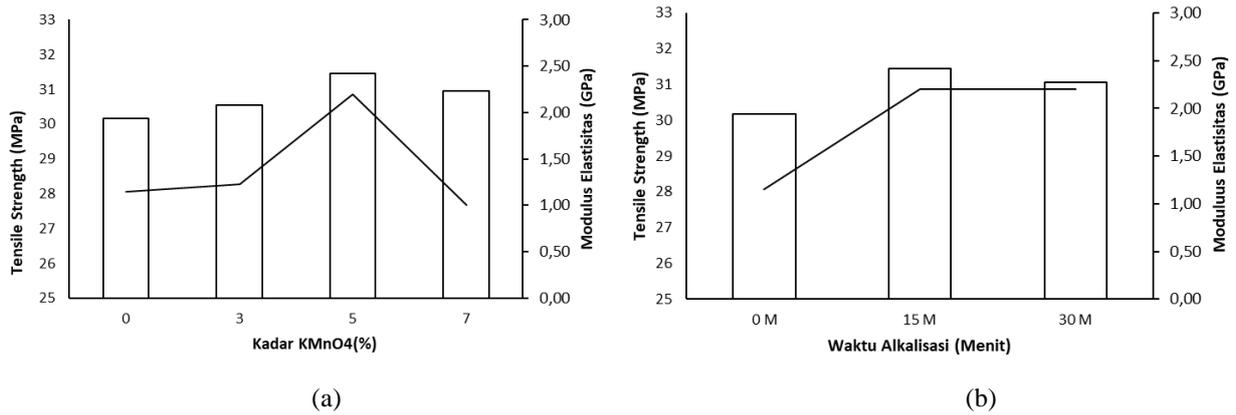
Gambar 2 bagian a menunjukkan massa jenis dengan perbedaan kadar kalium permanganat. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwasannya massa jenis mengalami peningkatan tidak signifikan oleh semakin tingginya kadar $KMnO_4$. Pada perlakuan $KMnO_4$ 7%, massa jenis mengalami peningkatan hingga 0,56%. Sedangkan pada perlakuan $KMnO_4$ 5% dan 3% mengalami peningkatan 0,32% dan 0,06%. Pengaruh perbedaan lamanya waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 2 bagian b. Peningkatan massa jenis terhadap pengaruh lamanya waktu perendaman juga tidak terlalu signifikan bedanya. Peningkatan massa jenis pada waktu perlakuan $KMnO_4$ 15 menit dan 30 menit adalah 0,32% dan 0,35%.



Gambar 2. Pengujian densitas berdasarkan a) kadar kalium permanganat, b) waktu perendaman

3.2. Analisis Hasil Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik didapatkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari komposit bambu betung. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 bagian a menunjukkan tren dari nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada variabel perbedaan kadar $KMnO_4$. Pada kekuatan tarik, nilai tertinggi didapatkan setelah perlakuan $KMnO_4$ dengan kadar 5% yaitu sebesar 30,86 Mpa. Sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada perlakuan $KMnO_4$ 7% yaitu sebesar 27,68 MPa. Pada perlakuan $KMnO_4$ 3% dan tanpa perlakuan memiliki nilai kekuatan tarik yang relatif sama yaitu 28,27 MPa dan 28,06 MPa.



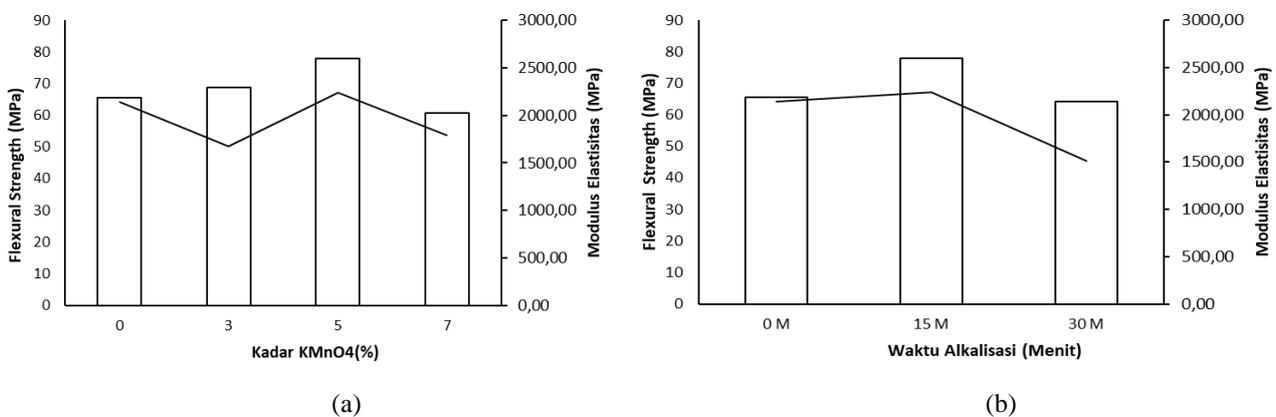
Gambar 3. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas berdasarkan a) kadar kalium permanganat, b) waktu perendaman

Pada nilai modulus elastisitas, tanpa perlakuan memiliki modulus elastisitas yang paling rendah yaitu 1,94 GPa, sedangkan dengan perlakuan KMnO₄ 3% mengalami peningkatan menjadi 2,08 GPa. Penambahan kadar KMnO₄ menjadi 5% memiliki modulus elastisitas tertinggi yaitu 2,42 GPa, akan tetapi pada saat perlakuan KMnO₄ 7% mengalami penurunan nilai modulus elastisitas yaitu menjadi 2,23 GPa.

Variasi perbedaan waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 3 bagian b. Dari Gambar 3 bagian b dapat dilihat bahwasannya pengaruh lamanya waktu perendaman KMnO₄ mengalami peningkatan yang signifikan dari yang tanpa perlakuan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 28,06 MPa, menjadi 30,86 MPa untuk perlakuan KMnO₄ selama 15 menit. Sedangkan penambahan waktu perendaman KMnO₄ 30 menit memiliki nilai yang relatif sama yaitu 30,87 MPa. Sedangkan untuk nilai modulus elastisitas nilai tertinggi terjadi pada saat perlakuan KMnO₄ 15 menit yaitu sebesar 2,42 GPa, sedangkan nilai modulus terendah merupakan komposit yang tidak mengalami perlakuan KMnO₄ yaitu sebesar 1,94 GPa. Penambahan waktu perendaman hingga 30 menit mengalami penurunan nilai modulus elastisitas menjadi 2,23 GPa.

3.3. Analisis Hasil Uji Bending

Hasil dari uji bending menghasilkan data kekuatan bending dan modulus elastisitas atau kekakuan dari suatu benda. Gambar 4 menunjukkan nilai kekuatan bending dan modulus berdasarkan perbedaan kadar KMnO₄, sedangkan untuk melihat kekuatan bending dan modulus berdasarkan perbedaan waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kekuatan bending dan modulus elastisitas berdasarkan a) kadar kalium permanganat, b) waktu perendaman

Jika dilihat dari Gambar 4 bagian a, kekuatan bendingnya memiliki tren yang naik turun, akan tetapi nilai kekuatan bending tertinggi didapatkan pada saat perlakuan KMnO₄ 5% yaitu sebesar 67,27 MPa. Sedangkan nilai kekuatan bending

terendah terjadi pada perlakuan KMnO_4 3% yaitu sebesar 50,09 MPa. Adapun kekuatan bending untuk tanpa perlakuan dan perlakuan KMnO_4 7% adalah 64,15 MPa dan 53,82 MPa. Nilai modulus pada komposit serat bambu betung mengalami peningkatan dari yang tanpa perlakuan, 3% hingga nilai tertinggi terjadi pada perlakuan KMnO_4 5% sebesar 2595,16 MPa. Sedangkan penambahan kadar perlakuan KMnO_4 hingga 7% mengalami penurunan nilai modulus menjadi 2023,25 MPa. Bahkan jika dibandingkan dengan 7%, perlakuan KMnO_4 3% dan tanpa perlakuan memiliki nilai kekuatan bending yang lebih tinggi yaitu 2290,16 MPa dan 2186,52 MPa.

Tren variabel perbedaan waktu perendaman KMnO_4 dapat dilihat pada Gambar 4 bagian b. Pada perbedaan waktu perendaman, kekuatan bending mengalami peningkatan hingga waktu 15 menit yaitu sebesar 67,27 MPa, sedangkan penambahan waktu perendaman KMnO_4 mengalami penurunan nilai kekuatan bending yang signifikan yaitu menjadi 45,43 MPa. Nilai kekuatan bending tanpa perlakuan lebih tinggi dari pada perlakuan KMnO_4 dengan waktu perendaman 30 menit yaitu 64,15 MPa.

3.4. Pengamatan Makrostruktur

Pengamatan secara makrostruktur dilakukan dengan mikroskop digital dan software Amcap. Pengamatan secara makroskopik untuk serat tanpa perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.



(a)

(b)

Gambar 5. Pengamatan Makro untuk serat (a) tanpa perlakuan dan (b) perlakuan 5% KMnO_4 dengan waktu 15 menit

Dari Gambar 5 bagian a dapat dilihat bahwasannya patahan yang terjadi pada komposit tanpa perlakuan mengalami patahan pada serat akibat kurangnya ikatan antara serat dengan matriks sehingga serat mengalami patahan dan tidak terikat dengan matriks. Sedangkan untuk proses perlakuan KMnO_4 5% selama 15 menit dapat dilihat pada Gambar 5 bagian b. Pada Gambar 5 bagian b menunjukkan pola patahan pada perlakuan KMnO_4 5% selama 15 menit mengalami patahan komposit dalam keadaan serat masih terikat dengan matriks. Hal ini menunjukkan perlakuan KMnO_4 menyebabkan ikatan antara serat dengan matriks lebih baik dari pada tanpa perlakuan KMnO_4 . Dengan meningkatkan ikatan antara serat dengan matriks menyebabkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending pada serat komposit bambu betung meningkat. Sehingga nilai kekuatan tarik bending dan modulus dengan perlakuan KMnO_4 5% lebih tinggi dari pada tanpa perlakuan.

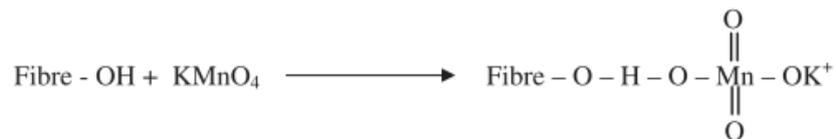
3.5. Pembahasan

Pengaruh mikrostruktur komposit terhadap kekuatan mekanik pada serat alam memiliki empat faktor utama. Empat faktor tersebut adalah kandungan selulosa, kristalinitas selulosa, sudut mikrofibril dan perbandingan panjang serat.

McLaughlin and Tait [12] dan Satyanarayana et al. [13,14] telah meneliti bahwasannya keempat faktor ini dapat mempengaruhi kekuatan tarik pada serat alam.

Pada pengujian densitas, penambahan kadar $KMnO_4$ dan lamanya waktu perendaman dapat meningkatkan massa jenis dari komposit bambu betung. Peningkatan massa jenis disebabkan karena perlakuan $KMnO_4$ dapat mengikis senyawa amorphous seperti lignin dan hemiselulosa pada serat, pengikisan senyawa amorf dapat menyebabkan area kristalin semakin meningkat. Sehingga membuat massa jenis komposit semakin meningkat [15].

Berdasarkan hasil pengujian tarik dan bending, pengaruh proses perlakuan $KMnO_4$ pada komposit dengan serat bambu betung memiliki pengaruh meningkatkan modulus elastisitas hingga nilai maksimal terjadi ketika perlakuan 5% $KMnO_4$. Ketika kadar $KMnO_4$ ditingkatkan menjadi 7%, nilai modulus elastisitas dari komposit akan berkurang. Peningkatan nilai modulus disebabkan karena adanya ion permanganate (Mn^{3+}) yang bereaksi dengan selulosa grup hidroksil dan membentuk selulosa-manganate yang dapat menginisiasi masuknya ion mangan ke dalam polimer [16]. Selain itu, ion permanganate menyebabkan permukaan dari serat lebih kasar sehingga sifat antarmuka dapat ditingkatkan akibat adanya *induced mechanical interlocking* antara serat dengan matriks [17]. Ketika ion permanganate terhubung dengan serat, ion tersebut akan mengikat lignin (hidrofilik) dan memisahkan lignin dari dinding serat, sehingga akan mengurangi lignin pada serat dan memiliki sifat hidrofobik [18]. Reaksi antara serat dengan $KMnO_4$ dapat dilihat pada Gambar 6. Menghilangnya lignin dari permukaan serat dapat meningkatkan adhesi antara serat dengan matriks [19]. Sehingga peningkatan nilai modulus elastisitas disebabkan adanya modifikasi pada permukaan serat bambu betung.



Gambar 6. reaksi antara serat dengan $KMnO_4$ [18]

Dengan adanya modifikasi pada permukaan serat bambu betung akan meningkatkan ikatan *interface* antara serat dan matriks. Hal ini dibuktikan dari pola patahan pada komposit, komposit yang tanpa perlakuan mengalami patahan akibat tidak kuatnya ikatan antara serat dengan matriks. Pola patahan ini disebut dengan *fiber pull out*. Sedangkan pola patahan pada komposit dengan perlakuan $KMnO_4$ memiliki patahan dalam kondisi ikatan antara serat dan matriks masih menyatu. Sehingga pola patahan ini dinamakan dengan *overload* [20].

Sedangkan penurunan nilai modulus pada perlakuan $KMnO_4$ 7% disebabkan karena tingginya kadar $KMnO_4$ menyebabkan terjadi proses *delignification*. *Delignification* adalah proses penghancuran struktur *lignocellulosic* menjadi komponen serat yang kecil-kecil [21]. Salah satu fungsi lignin adalah sebagai penguat pada serat kayu. Sehingga ketika seluruh lignin pada serat kayu hilang maka dapat menurunkan kekakuan dari sebuah material [22].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengaruh kadar dan waktu perendaman $KMnO_4$ terhadap massa jenis mengalami peningkatan hingga 0,56%. Sedangkan kekuatan bending, kekuatan tarik dan modulus tertinggi terjadi perlakuan $KMnO_4$ dengan kadar 5% dan waktu perendaman 15 menit.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada KEMENRISTEKDIKTI yang sudah mendanai riset dalam program Penelitian Dana Pemula (PDP).

Daftar Pustaka

- [1] Sharba MJ, Salman SD, Leman Z, Sultan MTH, Ishak MR, Azmah Hanim MA. Effects of processing method, moisture content, and resin system on physical and mechanical properties of woven kenaf plant fiber composites. *BioResources*. 2015;11(1):1466–76.
- [2] Shubhra QTH. Long and Short Glass Fibre Reinforced Natural Rubber Composites. In: Thomas S, editor. *Natural Rubber Materials*. Vol 2: Com. Royal Society of Chemistry; 2014. p. 247–89.
- [3] Zhang W, Wang C, Gu S, Yu H, Cheng H, Wang G. Physical-mechanical properties of bamboo fiber composites using filament winding. *Polymers (Basel)*. 2021;13(17).
- [4] Refiadi G, Syamsiar YS, Judawisastra H. Sifat Komposit Epoksi Berpenguat Serat Bambu Pada Akibat Penyerapan Air. *J Sains Mater Indones*. 2018;19(3):98.
- [5] Mohammed AA, Bachtiar D, Rejab I and MRM, Hasany SF. Effect of Potassium Permanganate on Tensile Properties of Sugar Palm Fibre Reinforced Thermoplastic Polyurethane. *Indian J Sci Technol*. 2017;10(7):1–5.
- [6] Imoisili PE, Jen TC. Mechanical and water absorption behaviour of potassium permanganate (KMnO₄) treated plantain (*Musa Paradisiacal*) fibre/epoxy bio-composites. *J Mater Res Technol*. 2020;9(4):8705–13.
- [7] Kosjoko, A. S A, Sutikno D. Pengaruh Waktu Perlakuan Kalium Permanganate (KMnO₄) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*). 2011;2(3):193–8.
- [8] Ardiati M. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Polyester Serat Daun Lontar dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄) [Skripsi]. Univ Airlangga. 2016;16.
- [9] Astm D729. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. *Am Soc Test Mater*. 2008;6.
- [10] American Society for Testing and Materials. ASTM D638-14, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. *ASTM Int* [Internet]. 2016;82(C):1–15. Available from: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E140%0Ahttp://www.astm.org/Standards/E8.htm>
- [11] ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790-17. *Annu B ASTM Stand*. 2002;i:1–12.
- [12] McLaughlin EC, Tait RA. Fracture mechanism of plant fibres. *J Mater Sci*. 1980;15:89–95.
- [13] Mukherjee PS, Satyanarayana KG. An empirical evaluation of structure-property relationships in natural fibres and their fracture behaviour. *J Mater Sci*. 1986;21:4162–8.
- [14] Satyanarayana KG, Pillai CKS, Sukumaran K, Pillai SGK, Rohatgi PK, Vijayan K. Structure property studies of fibres from various parts of the coconut tree. *J Mater Sci*. 1982;17:2453–62.
- [15] Ghozali M, Ariawan D, Surojo E. The Effect of Alkali Treatment And Microcrystalline Cellulose Addition on Density Value of Cantala Fiber Reinforced Unsaturated Polyester Composites. *Mek Maj Ilm Mek*. 2021;20(1):1.
- [16] Li X, Tabil LG, Panigrahi S. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: A review. *J Polym Environ*. 2007;15(1):25–33.
- [17] Paul SA, Joseph K, Mathew GDG, Pothan LA, Thomas S. Influence of polarity parameters on the mechanical properties of composites from polypropylene fiber and short banana fiber. *Compos Part A Appl Sci Manuf* [Internet]. 2010;41(10):1380–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.04.015>
- [18] Kabir MM, Wang H, Lau KT, Cardona F. Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Compos Part B Eng* [Internet]. 2012;43(7):2883–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.04.053>
- [19] Sahu P, Gupta MK. A review on the properties of natural fibres and its bio-composites: Effect of alkali treatment. *Proc Inst Mech Eng Part L J Mater Des Appl*. 2020;234(1):198–217.
- [20] Astika I, Lokantara I, Gatot Karohika I. Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. Vol. 6, *Jurnal Energi Dan Manufaktur*. 2013.
- [21] P.wool R. Lignin polymers and composites. *Bio-Based Polym Compos*. 2005;551–98.
- [22] Ali A, Shaker K, Nawab Y, Jabbar M, Hussain T, Militky J, et al. Hydrophobic treatment of natural fibers and their composites—A review. *J Ind Text*. 2018;47(8):2153–83.