

Pengaruh Perlakuan Kimia dan AESO *Coating* Serat Kresen Terhadap Sifat Mekanik, Penyerapan Air dan *Morphology* Komposit Poliester

Suteja¹⁾, Syarif Hidayatullah²⁾.

¹⁻²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

E-mail: ¹⁾suteja@unram.ac.id, ²⁾syarift008@gmail.com

Abstrak

Penelitian, pengembangan dan perbaikan karakteristik novel komposit poliester berpenguat serat alam kresen (KS) terus dilakukan. Namun, ketahanan terhadap lingkungan basah serat alam (KS) dapat memperburuk sifat mekaniknya. Oleh karena itu dalam penelitian ini, mengembangkan metode perbaikan ketahanan penyerapan air, karakteristik mekanik dan *morphology* komposit poliester diperkuat serat kresen akibat perlakuan KOH dan AESO *coating*. KS sebagai pengisi komposit (30% wt) divariasikan perlakuan berupa raw KS (KSR), raw KS AESO *coating* konsentrasi 7% (KSRC), KS KOH *treatment* 7% (KSN) dan KS diperlakukan KOH + AESO *coating* (KSNC). Selanjutnya dilaporkan karakteristik mekanik, penyerapan air dan *morphology* dari komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan mekanik komposit sangat ditentukan oleh perlakuan KOH dan AESO *coating*. Kekuatan bending dan tarik tertinggi diperoleh pada komposit KSNC dengan masing-masing 71,42 MPa dan 52,28 MPa. Perlakuan KOH dan AESO *coating* menurunkan persentase elongation ketika komposit patah, akan tetapi meningkatkan modulus elastisitas komposit poliester-KS. *Morphology* foto SEM komposit menunjukkan adanya *fiber pull out*, dan terperangkapnya *void* serta meningkatnya ikatan *interface* KS dengan poliester. Perlakuan KOH + AESO *coating* terlihat adanya interaksi permukaan KS-matrik poliester dengan timbulnya *hackle* pada permukaan patahan komposit. Hal ini sejalan dengan rendahnya nilai penyerapan air oleh komposit KSNC hanya sebesar 2,09%. Komposit poliester diperkuat serat KS dengan perlakuan kimia KOH diikuti pelapisan AESO merupakan alternatif yang menjanjikan untuk sektor otomotif dan interior atau eksterior bangunan karena memiliki sifat mekanis, dan ketahanan air yang lebih baik.

Kata Kunci: AESO *coating*, karakteristik mekanik, komposit poliester, *morphology*.

Abstract

Research, development, and improvement of the properties of novel polyester composites reinforced with kresen natural fibers (KS) are ongoing. However, the natural fiber's (KS) susceptibility to wet environments can degrade its mechanical properties. Therefore, this study aims to develop methods to improve the water absorption resistance, mechanical properties, and morphology of polyester composites reinforced with kresen fibers through KOH treatment and AESO *coating*. KS, used as a composite filler (30% wt), was subjected to various treatments: raw KS (KSR), raw KS with 7% AESO *coating* (KSRC), KS treated with 7% KOH (KSN), and KS treated with KOH + AESO *coating* (KSNC). The mechanical properties, water absorption, and morphology of the composites are reported below. The results of the study indicate that the mechanical strength of the composites is highly influenced by KOH treatment and AESO *coating*. The highest bending and tensile strengths were obtained in the KSNC composite, at 71.42

MPa and 52.28 MPa, respectively. KOH treatment and AESO coating reduced the percentage of elongation at break but increased the elastic modulus of the polyester-KS composite. SEM images of the composites reveal fiber pull-out, trapped voids, and improved KS-polyester interfacial bonding. The KOH + AESO coating treatment shows surface interaction between the KS and polyester matrix, evidenced by the formation of hackles on the composite fracture surface. This is consistent with the low water absorption value of the KSNC composite which is only 2.09%. KS-fiber-reinforced polyester composites treated with KOH followed by AESO coating are a promising alternative for the automotive sector and for building interiors and exteriors due to their superior mechanical properties and water resistance.

Keywords: AESO coating, mechanical characteristics, morphology, polyester composite.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan serat sintesis seperti serat *glass*, karbon ataupun kevlar lebih dipilih digunakan sebagai penguat komposit karena sifatnya yang tangguh, kuat, tahan abrasi dan durabilitas yang baik [1]. Akan tetapi, sifat *nonbiodegradable* menjadi masalah pada lingkungan dengan permintaan yang terus meningkat [2]. Oleh karena itu, sumber *biorenewable* baik penguat ataupun matrik bahkan keduanya sebagai material penyusun komposit terus menarik untuk dikembangkan dalam dekade terakhir. Selain *biorenewable*, serat alam memiliki jumlah yang melimpah, murah, kuat dan ramah lingkungan [3].

Tanaman kresen dapat menjadi sumber selulosa yang besar dan menyediakan keuntungan ekonomi dan ekologi yang dapat tumbuh diberbagai kondisi alam [4]. Pada umumnya performansi komposit mekanik yang tinggi terkait dengan kandungan selulosa yang tinggi dengan mikrofibril selulosa dari serat [5]. Perlakuan kimia (alkali) serat memerankan peran penting terhadap wettability dan perilaku mekanik komposit [6], meningkatkan kekasaran serat yang pada gilirannya meningkatkan mechanical interlocking. Hal serupa dalam peningkatan sifat fisik dan kimia, serat *Tridax procumbens* yang diperlakukan NaOH [7].

Walaupun perlakuan alkali pada serat alam menyebabkan hilangnya hemiselulosa dan berkurangnya lignin, akan tetapi sifat hidrofilik serat alam tidak bisa dihindari dan rentan terhadap kelembaban. Banyak peneliti telah mencoba untuk meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks. Salah satu pelapis yang potensial untuk melapisi permukaan serat alam yaitu minyak kedelai epoksidasi akrilat (AESO), yang berasal dari epoksidasi diikuti oleh akrilasi minyak kedelai, tersedia secara komersial di bidang industri, seperti pelapis dan perekat. AESO mengandung dua jenis gugus fungsi: ikatan rangkap (C=C) yang dapat mengalami polimerisasi sendiri dan kopolimerisasi dengan komponen lain; dan gugus hidroksil (AOH) dan cincin epoksi, keduanya dapat bereaksi dengan beberapa bahan kimia aktif, termasuk amina, anhidrida, dan isosianat [4]. Anyaman rami telah dilapisi dengan AESO oleh Liu [8]. Sifat fisik, mekanik, dan ketahanan air komposit anyaman serat rami yang dilapisi AESO menunjukkan sifat ketahanan penyerapan air dan kerapatan permukaan meningkat dibandingkan dengan sampel yang tidak dilapisi. Hal demikian juga pada serat kapok dan serat waru. Gapsari [9] telah mempublikasikan pelapisan pada komposit serat alam dari pohon kapok untuk meningkatkan sifat fisik, permukaan dan ketahanan penyerapan airnya. Serat kulit kapok terlebih dahulu diperlakukan dengan KOH 7% kemudian dilanjutkan dengan

pelapisan AESO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan KOH dan pelapisan menghasilkan peningkatan yang signifikan pada kekuatan mekanis komposit, kekuatan tarik tertinggi didapat sebesar 96,04 MPa atau meningkat sebesar 31,97% dibandingkan dengan serat komposit tanpa perlakuan. Selanjutnya, Vinod et al. [10] telah mengembangkan komposit dari serat kresen sebagai penguat komposit epoxy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi serat kresen dengan silan dan NaOH berhasil mengurangi diameter serat kresen sebesar 9,17% dan 17,43%; meningkatkan indeks kristalin sebesar 41,01% dan 14,86%, meningkatkan stabilitas termal sebesar 14,15% dan 4,81%; serta meningkatkan kekuatan tarik sebesar 37,75% dan 28,92%. Perlakuan silan adalah yang terbaik untuk serat mikro *Muntingia calabura* dibandingkan dengan perlakuan NaOH dan penggunaan serat kresen tanpa perlakuan. Oleh karena itu, gap dari penelitian ini adalah mengembangkan komposit poliester diperkuat serat kresen dengan perlakuan berbeda seperti KOH dan AESO *coating* serta perlakuan keduanya. Metode ini diyakinkan mampu meningkatkan durabilitas pemakaian komposit di lingkungan basah ataupun lingkungan berfluktuatif.

Dari penelitian sebelumnya, ditunjukkan bahwa penelitian yang berkaitan dengan sifat penyerapan air dan mekanik komposit serat kresen sangat penting. Sehingga diperlukan perlakuan alkali (KOH) kemudian diikuti dengan *coating* polimer AESO, maka perlu dilakukan investigasi lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dan memberikan pemahaman yang rinci tentang perilaku mekanik dan penyerapan air komposit poliester diperkuat kresen dengan perlakuan yang berbeda.

2. METODE PENELITIAN

a. Material

Serat kresen diekstraksi dari kulit batang tanaman kresen berumur 1 tahun. Dengan cara merendam kulit batang kresen selama 15 – 20 hari untuk proses pembusukan dengan tahapan seperti pada gambar 1. Kulit kresen yang telah membusuk di ambil serat dan dicuci bersih untuk proses perlakuan kimia, selanjutnya difabrikasi menjadi komposit [11]. Resin *unsaturated* poliester dibeli dari PT Justus Kimia Raya, Surabaya Indonesia, satu paket dengan *methyl ethyl keton peroxide* (MEKP) dengan campuran 1% dari volume poliester.



Gambar 1. Ekstraksi serat kresen, a) pohon kresen, b) kulit batang pohon kresen, c) proses perendaman, d) serat kresen.

b. Perlakuan Serat Kresen 7% KOH dan Perlakuan Pelapisan

Terdapat empat macam serat kresen yang digunakan sebagai penguat resin *unsaturated* poliester (tabel 1). Perlakuan KOH 7% dilakukan pada serat kresen bersih dan kering. Serat kresen 50 gr direndam dalam 5000 ml KOH 7% selama 120 menit, dilanjutkan dengan pembersihan serat kresen 10 kali untuk menjamin

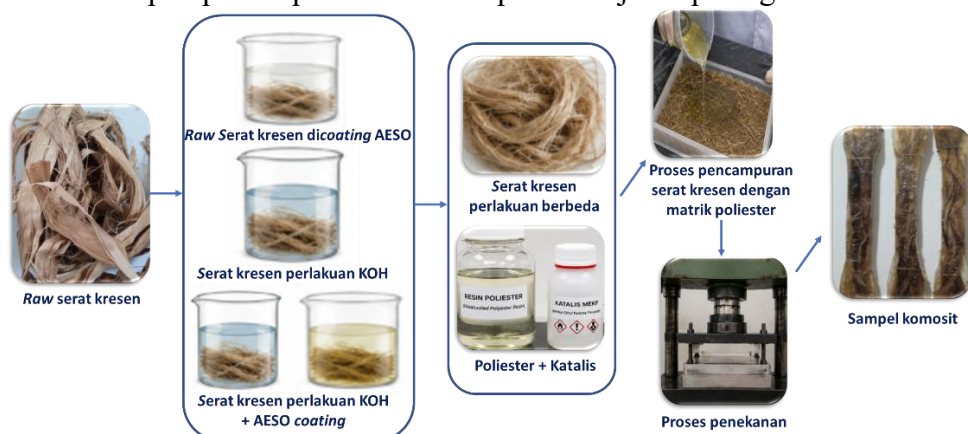
tidak adanya sisa larutan KOH yang menempel.

c. Persiapan Larutan AESO dengan *Photo-polymerization*

Mengacu pada Gapsari [9] Raw kresen dan kresen diperlakukan KOH dipisahkan menjadi dua bagian untuk proses coating dengan AESO polimer. Proses ini dimulai dengan pencampuran *magnetic stirrer* antara 100 g AESO dalam larutan 1000 ml ethanol hingga AESO selama 30 menit. Kemudian 0.05 g Irgacure ® 819 ditambahkan dan diaduk kembali dengan pada tempat yang sama pada kondisi ruangan selama 30 menit. Fotopolimerisasi serat kresen dilakukan dengan merendam serat kresen 100 g di dalam larutan *coating* selama 10 menit diikuti dengan memberikan cahaya radiasi dari lampu UV supaya terjadi proses *fotopolimerisasi*. Serat kresen hasil *coating* siap dijadikan penguat komposit.

d. Fabrikasi Komposit

Empat tipe serat kresen disiapkan masing-masing dengan fraksi volume serat 30% disiapkan dan ditempatkan di atas flat baja dengan cetakan karet silikon sesuai dengan bentuk dan dimensi standar pengujian. Disamping itu resin poliester dicampur dengan katalist 1% dari fraksi volume resin hingga homogen. Adonan kemudian dituang ke dalam cetakan yang telah berisi serat kresen hingga membasahi dengan sempurna. Cetakan kemudian ditutup dengan flat baja dan proses aging selama 24 jam. Selanjutnya, *difinishing* untuk di ukur sifat-sifatnya. Jenis perlakuan dan komposisi masing-masing variasi komposit dapat dilihat pada tabel 1 dan tahapan proses pembuatan komposit disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Tahapan proses fabrikasi komposit.

Tabel 1. komposisi dan jenis perlakuan serat kresen sebagai penguat poliester.

Kode	Keterangan perlakuan penguat	Fraksi volume (%)	
		Serat Kresen	Poliester
KSR	Raw kresen	30	70
KSRC	<i>Coating</i> raw kresen	30	70
KSN	Kresen KOH	30	70
KSNC	<i>Coating</i> Kresen KOH	30	70

e. Pengujian Kekuatan Bending

Pengujian dengan metode *three point bending* mengacu pada standar ASTM D790 dilakukan untuk mengukur kekuatan bending komposit. Universal Tensile Machine (UTM) merk RTG-1310 digunakan untuk uji *three point bending* komposit dengan kecepatan pembebanan (*cross section*) 5 mm/min dengan kapasitas pembebanan 20 kN.

f. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian Tarik dilakukan pada alat yang sama untuk uji bending yaitu *Universal Tensile Machine* (UTM) merk RTG-1310 dan dijalankan pada temperatur ruangan. Kecepatan pembebanan Tarik mesin ditentukan sebesar 5 mm/min sampai spesimen patah.

g. Pengamatan *Morphology* (SEM)

Patahan permukaan bekas uji Tarik spesimen komposit diamati permukaan kegagalannya menggunakan SEM (JEOL, JSM-SS200). Penampang sampel komposit poliester-kresen dilapisi dengan emas menggunakan pelapis vakum sputter agar konduktif sebelum pengamatan SEM pada 3 kV dan 15 mA.

h. Pengujian Penyerapan Air

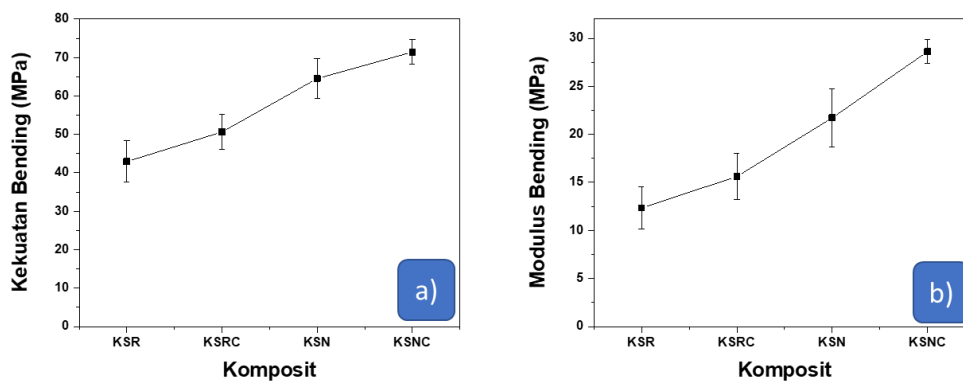
Berat awal sampel ditimbang terlebih dahulu dengan *Analytical balance* (0.0001 g) kemudian ditimbang sekali dalam sehari untuk mendapatkan berat air terserap oleh komposit hingga stabil. Persentase air terserap oleh komposit dihitung menggunakan persamaan 1 berikut.

$$W_{absorp}(\%) = \left(\frac{W_1 - W_0}{W_0} \right) \times 100 \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kekuatan Bending

Komposit KSR (Gambar 3) menghasilkan kekuatan bending sebesar 42,93 MPa, kemudian setelah perlakuan *coating* pada serat kresen kekuatan bending komposit KSRC sedikit meningkat menjadi 50.65 MPa. Setelah perlakuan KOH pada serat kresen komposit KSN poliester memiliki kekuatan bending cukup signifikan meningkat yaitu sebesar 64,53 MPa. Kemudian dengan perlakuan KOH diikuti pelapisan *coating* AESO kekuatan bending meningkat menjadi 71,42 MPa. Hasil-hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa pelapisan *coating* pada serat kresen tidak berdampak signifikan terhadap kekuatan bending komposit dikarenakan oleh masih terdapatnya unsur-unsur pengotor (*lignin*, *wax* dan pengotor lainnya) pada permukaan kresen. Sedangkan rendahnya kekuatan bending komposit KSR disebabkan oleh lemahnya ikatan *interface* KS-poliester dan adanya penggumpalan KS pada komposit KSR seperti yang ditampilkan pada foto SEM (gambar 4a). Lebih lanjut, *coating* AESO yang merupakan polimer alami akan membentuk ikatan rantai baru dengan poliester tanpa adanya interlocking dengan serat kresen. Hal ini mungkin disebabkan oleh ikatan serat dengan matriks poliester, sehingga meningkatkan interaksi antara serat dan matriks [12]. Pentingnya perlakuan alkali adalah untuk mengganggu ikatan hidrogen pada permukaan serat sehingga meningkatkan kekasaran permukaan [13]. Perlakuan alkali meningkatkan interaksi antara serat dan matriks dengan menghilangkan *lignin* dan hemiselulosa, yang mengakibatkan penyerapan serat ke dalam matriks menjadi lebih baik. [14]. Selanjutnya pada komposit KSNC terdapat sedikit peningkatan yang kemungkinan sebagai akibat dari interaksi ikatan melalui AESO *coating* KS dengan matrix poliester serta ikatan *interlocking* KS-poliester. Kekuatan bending komposit ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan komposit epoxy – jute *wood varnish coating* (51,21 MPa) [15] dan masih lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan bending komposit poliester – timoho AESO *coating* (130 MPa) [16].



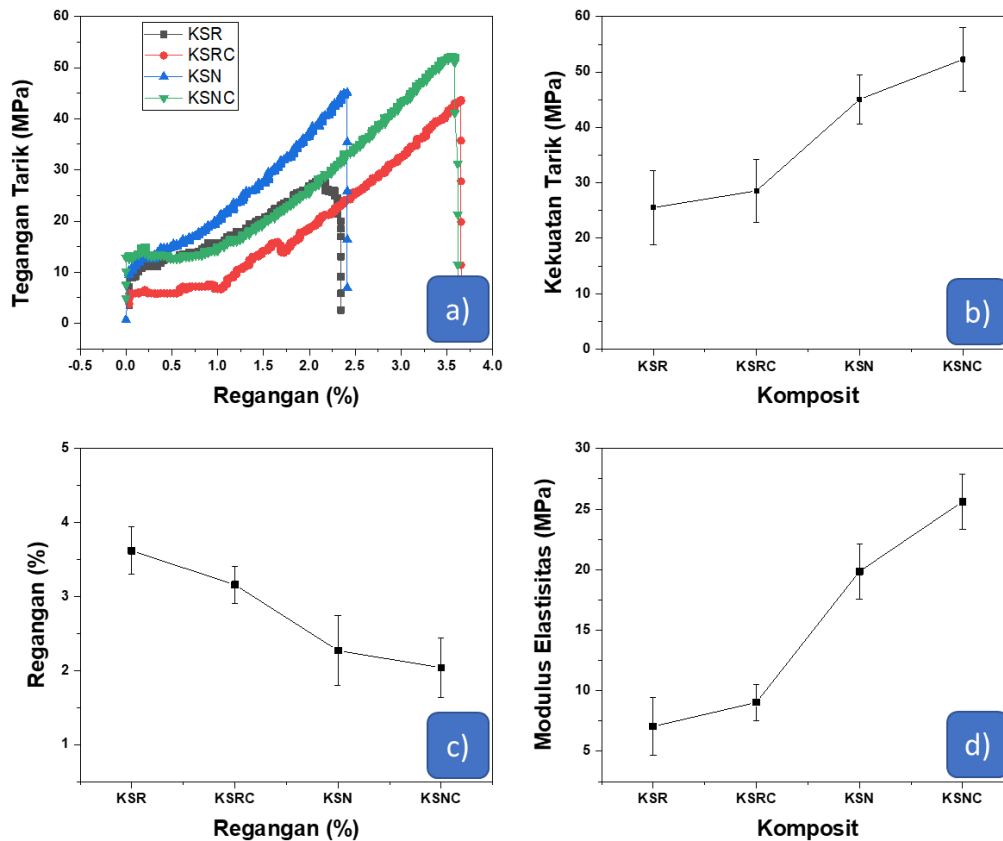
Gambar 3. a) kekuatan bending, b) modulus bending komposit.

Seperti yang terlihat pada gambar 3b perlakuan *coating* AESO dan KOH + AESO *coating* juga secara umum meningkatkan nilai modulus bending komposit poliester dikarenakan oleh polimer AESO *coating* mampu meningkatkan kekakuan serat kresen, ditambah lagi setelah dijadikan penguat pada komposit poliester akan terbentuk ikatan *interface* melalui reaksi polimer AESO dengan poliester. Modulus bending komposit KSR memiliki modulus bending sebesar 12,14 MPa, kemudian setelah AESO *coating* (sampel KSRC) modulus bending meningkat menjadi 15.62 MPa. Sedangkan setelah KS diperlakukan KOH 7% komposit KSN memiliki modulus bending sebesar 21.72 MPa dan komposit KSNC memiliki modulus bending menjadi 28.62 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kekakuan komposit poliester sangat ditentukan oleh perlakuan AESO *coating* dan KOH dari KS yang berakibat terbentuknya *interlocking* antara KS dengan poliester.

b. Kekuatan Tarik

Dari gambar 4a dan b secara keseluruhan terlihat bahwa perlakuan AESO *coating* pada raw KS memberikan efek yang signifikan terhadap kekuatan tarik. Tegangan tarik komposit meningkat seiring dengan adanya perlakuan *coating* AESO KS, perlakuan KOH dan KOH + *coating* AESO berturut – turut dari komposit tanpa perlakuan (KSR). Komposit KSR memiliki kekuatan tarik sebesar 25.54 MPa, sedangkan komposit KSRC memiliki kekuatan tarik sebesar 28.57 MPa atau meningkat sebesar 11.86%. Hal ini disebabkan oleh lapisan *coating* pada KS cenderung berfungsi sebagai matrik dan yang memperkuat ikatan matrik dengan KS. Sedangkan setelah perlakuan KOH 7% yaitu komposit KSN kekuatan tarik meningkat signifikan mejadi 45.08 MPa atau meningkat sebesar 76.51% dari komposit KSR. Sedangkan kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit KSNC 52.28 MPa, akibat perlakuan ganda (perlakuan KOH dan AESO *coating* serat kresen). Berdasarkan foto SEM pada gambar 5 menunjukkan ikatan antarmuka serat-matriks yang kurang baik di semua jenis komposit mengalami *fiber pullout* dan oleh karena itu kekuatan bahan dapat didominasi oleh sifat matriks itu sendiri [17]. Pada perlakuan KOH komposit kresen kenaikan kekuatan tarik kemungkinan besar juga disebabkan oleh penghilangan lignin dan lilin yang berlebihan selama proses pengolahan, bersama dengan hemiselulosa, sehingga membentuk situs ikatan mekanik KS dengan poliester. Selain itu, daerah selulosa mungkin menjadi lebih mudah diakses selama uji penyerapan air [9]. Meningkatnya kekuatan mekanik komposit maksimal setelah perlakuan KOH 7% diikuti AESO *coating* (sampel KSNC) disebabkan oleh bagian pengotor di daerah antar serat berkurang dan menurun akibat larutan alkali KOH, kemudian diperkuat dengan lapisan AESO

sebelum dibuat menjadi komposit. Kekuatan tarik komposit ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan komposit epoxy – jute *wood varnish coating* (18,90 MPa) [15] dan masih lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan tarik komposit poliester – timoho AESO *coating* yang mencapai sekitar 100 MPa [16], serta di bawah kekuatan tarik komposit poliester diperkuat palm *fiber* dengan *chitosan-AESO coating* (53,92 MPa) [18].



Gambar 4. a) kurva tegangan – regangan, b) kekuatan tarik, c) elongasi, d) modulus elastisitas komposit.

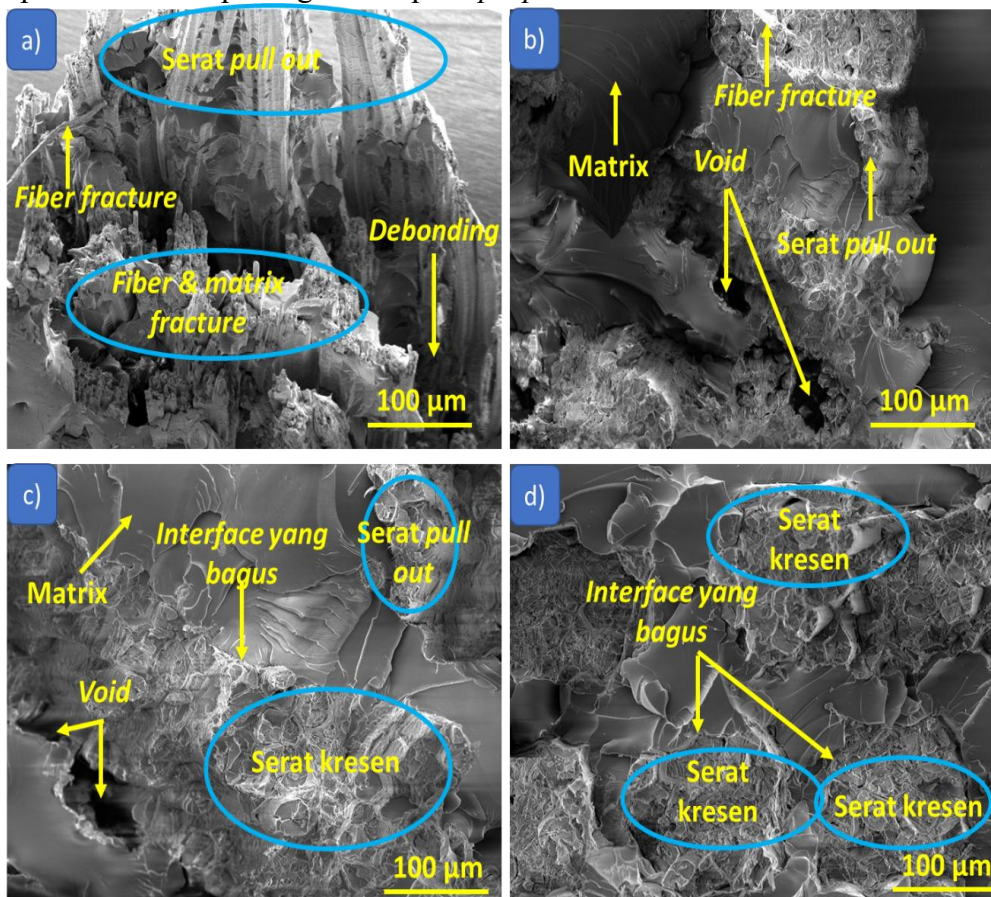
Dari gambar 4c terlihat bahwa terdapat kesesuaian data elongasi dengan modulus elastisitas komposit poliester - KS. Elongasi komposit mengalami penurunan setelah diperlakukan AESO *coating*, perlakuan KOH ataupun keduanya KOH diikuti dengan AESO *coating*. KS tanpa perlakuan atau komposit KSR memiliki elongasi paling tinggi yaitu sebesar 3,62% kemudian turun setelah KS *dicoating* AESO menjadi 3,16% untuk komposit KSRC. Selanjutnya, dengan adanya perlakuan KOH dan KOH + AESO *coating* elongasi komposit turun menjadi masing – masing 2,27% dan 2,04% berturut-turut. Fenomena ini penurunan elongasi komposit ini kemungkinan besar disebabkan adanya ikatan KS di dalam komposit sehingga ketika diberikan beban tarik terjadi pergeseran serat KS dengan matrik poliester yang kecil dan pada akhirnya sedikit menurunkan nilai elongasi komposit.

Hal sebaliknya terjadi pada nilai modulus elastisitas komposit poliester-KS (gambar 4d). Dimana perlakuan *coating* KS dengan polimer AESO mampu meningkatkan modulus elastisitas dibandingkan komposit tanpa AESO *coating*.

Demikian juga dengan perlakuan KOH, dan KOH + AESO coating pada sera KS. Komposit KSR memiliki modulus elastisitas paling rendah yaitu sebesar 7,06 MPa kemudian meningkat setelah KS di AESO coating, diperlakukan KOH dan KOH + AESO coating masing-masing menjadi 9,04, 19,86 dan 25,63 MPa berturut-turut. Hal ini dikarenakan oleh lapisan AESO polimer coating membentuk rantai ikatan dengan matrik poliester sehingga *mobility* KS ketika pembebanan tarik dan meningkatkan kekakuan komposit poliester-KS.

c. Morphology (SEM)

Morphology patahan komposit polyester diperkuat serat kresen dengan dan tanpa perlakuan KOH + AESO coating ditampilkan pada gambar 5. Gambar 5a menunjukkan ikatan permukaan KS-poliester yang kurang baik dan *fiber pull out* yang merupakan akibat dari hadirnya senyawa impurities pada permukaan KS. Serta terjadinya penggumpalan KS dikarenakan poliester tidak mampu membasahi KS dengan sempurna. Beberapa faktor tersebut menjadi penyebab dan mendukung rendahnya nilai mekanik dari komposit KSR. Selanjutnya, pada gambar 5b terlihat bahwa ikatan permukaan KS dengan poliester masih kurang baik meskipun telah diperlakukan coating AESO dikarenakan senyawa pengotor. Sehingga lapisan coating pada KS cenderung membentuk ikatan dengan sesama plastik (matrik poliester). Hal ini menjadi pendukung tingginya nilai kekakuan komposit akan tetapi tidak berdampak signifikan pada *properties* mekanik.



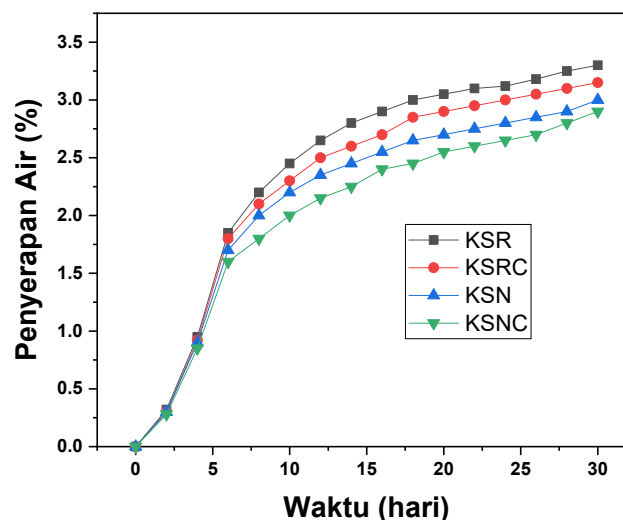
Gambar 5. foto SEM patahan komposit, a) KSR, b) KSRC, c) KSN, d) KSNC.

Gambar 5b dan d permukaan patahan komposit poliester terjadi adanya *hackle* region yang cukup tinggi sebagai akibat dari reaksi antara polimer AESO dengan poliester. Hal ini dikaitkan dengan karakteristik komposit yang getas. Sehingga

menjadikan komposit KHC memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi. Selanjutnya pada gambar 5c-d juga terlihat ikatan permukaan antara serat KS dengan poliester cukup baik. Sebagai akibat dari lepasnya senyawa lignin, wax dan impurities lainnya karena perlakuan KOH serta kuatnya ikatan AESO pada permukaan KS dengan poliester.

d. Penyerapan Air

Persentase air terserap selama 30 hari perendaman ke dalam komposit poliester - KS dengan perlakuan yang berbeda ditampilkan pada gambar 6. Sampel komposit KSR memiliki penyerapan air paling tinggi yaitu sebesar 3,31%, kemudian diikuti oleh sampel KSRC sebesar 3,15%. Sampel komposit yang dilapisi dengan AESO menunjukkan persentase penyerapan air yang lebih rendah daripada tanpa pelapisan. Selanjutnya, komposit KSN dan KSNC masing-masing memiliki penyerapan air sekitar 3,01% dan 2,09% berturut-turut. Hal ini dikarenakan oleh hilangnya senyawa lignoselulosa yang rentan terhadap air serta rantai asam lemak hidrofobik dari molekul *soyben oil* pada permukaan KS yang menolak penyerapan air. Secara umum, molekul air menembus komposit serat alami melalui tiga mekanisme berbeda: difusi kadar air dalam celah mikro antara rantai polimer; transportasi kapiler ke celah mikro dan faws di antarmuka antara serat dan matriks [19]. Kelembaban pada umumnya diserap oleh *interface* antara serat dan matriks, serta oleh serat itu sendiri melalui ikatan hidrogen [14]. Selain itu, sifat hidrofilik serat alam meningkatkan penyerapan air dalam komposit.



Gambar 6. Persentase penyerapan air komposit terhadap waktu penyerapan.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kedua perlakuan KOH treatment yang diikuti *coating* AESO pada KS sangat efektif dalam menurunkan penyerapan air pada komposit dan terbukti dengan persentase air terserap paling rendah. Hal ini dikarenakan oleh senyawa hemiselulosa dan lignin yang menyerap air pada serat KS berkurang, kemudian serat KS dibatasi lagi permukaannya dengan polimer AESO *coating*. Lapisan AESO menjadi penghambat terdifusinya air ke dalam KS yang pada akhirnya komposit KSNC memiliki ketahanan penyerapan air paling baik dibandingkan dengan komposit lainnya. Penyerapan air komposit ini masih lebih rendah dibandingkan dengan komposit poliester timoho 12,15% [16] dan poliester diperkuat serat palm dilapisi AESO + kitosan 3.98% [18].

4. SIMPULAN

Perlakuan KOH dan *coating* AESO serat kresen mampu meningkatkan kekuatan mekanik komposit poliester. Kekuatan bending komposit poliester tertinggi dimiliki oleh komposit dengan perlakuan KOH + AESO *coating* serat kresen yaitu 71,42 MPa sedangkan komposit KSR yang hanya sebesar 42,93 MPa. Untuk modulus bending komposit KSR yang hanya sebesar 12,14 MPa sedangkan komposit KSNC memiliki modulus bending menjadi 28.62 MPa. Demikian juga pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit KSR masing-masing sebesar 25,54 MPa dan 7,06 MPa berturut-turut. Sedangkan setelah diperlakukan KOH + AESO *coating* (sampel KSNC) kekuatan tarik dan modulus elastisitas meningkat masing-masing menjadi 52,28 MPa dan 25,63 MPa. Foto SEM mengkonfirmasi bahwa ikatan *interlocking* serat dengan matrik cukup baik setelah KOH treatment serat kresen, adanya *fiber full out*, penggumpalan serat dan adanya *void*. Setelah perlakuan KOH dan AESO *coating* pada serat kresen mampu menurunkan laju *water uptake* ke dalam komposit poliester yang hanya sebesar 2,9%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Gapsari, A. Purnowidodo, S. Hidayatullah, and S. Suteja, "Characterization of Timoho Fiber as a reinforcement in green composite," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 13, pp. 1305–1315, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.05.049.
- [2] D. Mohana Krishnu, D. Sreeramulu, and P. Venkateshwar Reddy, "A study of filler content influence on dynamic mechanical and thermal characteristics of coir and luffa cylindrica reinforced hybrid composites," *Constr. Build. Mater.*, vol. 251, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119040.
- [3] K. Diharjo, F. Gapsari, A. Andoko, M. N. Wijaya, S. Mavinkere Rangappa, and S. Siengchin, "Flammability and thermal resistance of *Ceiba petandra* fiber-reinforced composite with snail powder filler," *Polym. Compos.*, vol. 45, no. 6, pp. 4947–4960, Apr. 2024, doi: 10.1002/pc.28100.
- [4] M. Shoaib, H. Jamshaid, M. Alshareef, F. A. Alharthi, M. Ali, and M. Waqas, "Exploring the Potential of Alternate Inorganic Fibers for Automotive Composites," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 22, p. 4946, Nov. 2022, doi: 10.3390/polym14224946.
- [5] F. Gapsari *et al.*, "Properties of organic and inorganic filler hybridization on Timoho <sc>Fiber-reinforced</sc> polyester polymer composites," *Polym. Compos.*, vol. 43, no. 2, pp. 1147–1156, Feb. 2022, doi: 10.1002/pc.26443.
- [6] Suteja *et al.*, "Enhancing the performance of natural fiber composites: Integrating Walikukun fiber and aluminum filler in epoxy matrices," *React. Funct. Polym.*, vol. 214, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2025.106302.
- [7] J. P. Randalongi, J. D. I. Manongko, and Z. Mansjur, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume dan Lama Perendaman NaOH Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Komposit Serat Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 7, no. 2, pp. 166–176, Dec. 2024, doi: 10.29407/jmn.v7i2.22240.

- [8] Z. Liu and B. H. Tisserat, "Coating applications to natural fiber composites to improve their physical, surface and water absorption characters," *Ind. Crops Prod.*, vol. 112, pp. 196–199, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.indcrop.2017.12.002.
- [9] F. Gapsari, I. Wijatmiko, A. Andoko, K. Diharjo, S. Mavinkere Rangappa, and S. Siengchin, "Modification on Fiber from Alkali Treatment and AESO Coating to Enhance UV-Light and Water Absorption Resistance in Kapok Fiber Reinforced Polyester Composites," *Journal of Natural Fibers*, vol. 21, no. 1, 2024, doi: 10.1080/15440478.2024.2383970.
- [10] A. Vinod *et al.*, "Novel Muntingia Calabura bark fiber reinforced green-epoxy composite: A sustainable and green material for cleaner production," *J. Clean. Prod.*, vol. 294, p. 126337, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126337.
- [11] A. Purnowidodo, D. B. D. Sutedja, and K. Anam, "Tensile strength and fatigue crack growth behaviour of natural fibre metal laminates," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 15, no. 4, pp. 2809–2822, 2020.
- [12] A. Andoko *et al.*, "Enhanced Performance of Epoxy Composites: A Study on Walikukun-Glass Fiber Hybrid Reinforcement for Automotive Applications," *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.ijlmm.2025.03.003.
- [13] M. H. Gheith *et al.*, "Flexural, thermal and dynamic mechanical properties of date palm fibres reinforced epoxy composites," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 853–860, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2018.06.013.
- [14] S. Sugiman, S. Salman, and M. Maryudi, "Effects of volume fraction on water uptake and tensile properties of epoxy filled with inorganic fillers having different reactivity to water," *Mater. Today Commun.*, vol. 24, p. 101360, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.mtcomm.2020.101360.
- [15] M. A. R. Sajib, M. S. Islam, M. Arifuzzaman, and S. K. Shoily, "Effect of wood varnish coating on the water absorption and mechanical properties of jute fiber reinforced epoxy composites," *Heliyon*, vol. 10, no. 18, p. e37433, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e37433.
- [16] F. Gapsari *et al.*, "The application of timoho fiber coating to improve the composite performance," *Results in Engineering*, vol. 15, p. 100499, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100499.
- [17] H. Istiqlaliyah, I. P. Lokantara, and A. Tohari, "Pengaruh Penambahan Serat Pelepah Pisang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Tebu Bermatrik Polyester," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 7, no. 2, pp. 232–242, Dec. 2024, doi: 10.29407/jmn.v7i2.24259.
- [18] F. Gapsari *et al.*, "Modification of palm fiber with chitosan-AESO blend coating," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 242, p. 125099, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125099.
- [19] S. M. Shahabaz *et al.*, "Effect of Al₂O₃ and SiC Nano-Fillers on the Mechanical Properties of Carbon Fiber-Reinforced Epoxy Hybrid Composites," *Journal of Composites Science*, vol. 7, no. 4, p. 133, Mar. 2023, doi: 10.3390/jcs7040133.