



## Perilaku *water absorption* pada komposit *hybrid* serat agel tenun dan serat gelas

*Water absorption behavior in hybrid composites of woven agel and glass fiber*

H. Hestiawan<sup>\*1</sup>, Jamasri<sup>2</sup>, Kusmono<sup>2</sup>, A. Puspawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu Jl. WR. Supratman Kandang Limun Bengkulu, 38112, Indonesia, HP. 082289599002

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281, Indonesia

\*E-mail: [hestiawan@unib.ac.id](mailto:hestiawan@unib.ac.id)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 1 May 2021

Accepted 9 September 2021

Available online 1 October 2021

#### Keywords:

Alkali treatment

Hybrid composite

Vacuum bagging

Water absorption

Woven agel fiber

*This study aimed to investigate the effect of alkali treatment and stacking sequences on water absorption and flexural strength in woven agel and glass fibers reinforced hybrid composites. The research materials are woven agel fiber (*Corypha gebanga*), E-200 glass fiber, unsaturated polyester resin Yukalac 157 BQTN, and catalyst of methyl ethyl ketone peroxide (MEKP). The alkali treatment is carried out on the woven agel fibers by soaking the fiber in 4% NaOH solution for 1 hour. Then the fiber is washed with fresh water and dried for 48 hours. Manufacturing techniques used vacuum bagging with suction pressure of 70 cmHg at room temperature. The amount of reinforcing fiber 7 fibers consists of 3 glass fibers and 4 agel woven fibers. The water absorption test uses a 3.5% NaCl solution for 1080 hours at room temperature. Water absorption test specimens based on ASTM D570 standard. The research results showed that the alkali treatment with glass fiber arrangement on the specimen surface effectively reduced water absorption and increased the flexural strength of woven agel and glass fibers hybrid composites. The lowest moisture content in equilibrium and diffusion coefficient were 8.67%, the of  $5.74 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ , while the flexural strength before and after immersion were 135 MPa and 125 MPa respectively, or a decrease of about 7%.*



*Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 11 No. 2, October 2021, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

### 1. PENDAHULUAN

Komposit berpenguat serat alam sudah banyak digunakan sebagai bahan baku industri, antara lain di bidang konstruksi, penerbangan dan otomotif. Beberapa keunggulan dimiliki oleh serat alam diantaranya tersedia melimpah, ramah lingkungan, dapat didaur ulang, lebih murah, ringan dan memiliki modulus spesifik yang lebih tinggi (Bledzki dan Faruk, 2006; Nguong dkk., 2013). Walaupun

demikian dibandingkan dengan serat sintetis, serat alam memiliki kelemahan, antara lain sifat mekanis yang lebih rendah dan penyerapan air yang lebih tinggi (Silva dkk., 2009).

Salah satu cara yang dilakukan untuk mengatasi kelemahan serat alam adalah dengan menggunakan serat alam dan sintetis dalam satu matriks yang biasa disebut sebagai komposit *hybrid*. Penggunaan serat alam dan serat sintetis secara bersama-sama dapat saling memperkuat dan mengurangi cacat sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis komposit (Sreekala dan Thomas, 2003). Zamri dkk. (2012) melaporkan bahwa penambahan serat gelas pada komposit berpenguat serat jute menurunkan penyerapan air maksimum dan meningkatkan sifat mekanis komposit *hybrid*.

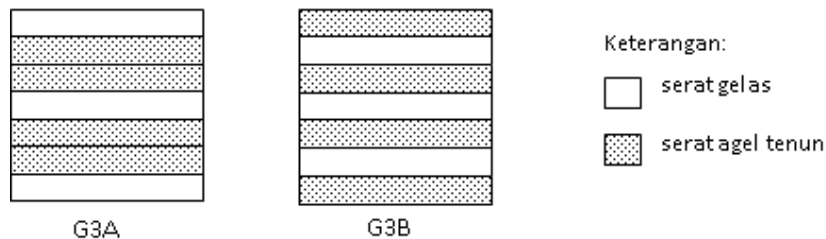
Faktor penting lainnya yang harus diperhatikan dalam mendapatkan material komposit yang kuat adalah ikatan adhesi antara serat dengan matriks. Hal ini berkaitan dengan kompatibilitas antara serat dengan matriks. Matriks resin bersifat *hydrophobic* sedangkan serat bersifat sifat *hydrophilic* (Hassan dkk., 2010). Oleh karena itu perlu perlakuan permukaan pada serat alam untuk memperbaiki morfologi permukaan serat agar dapat berikatan kuat dengan matriks.

Salah satu perlakuan yang banyak digunakan adalah perlakuan alkali karena perlakuan ini dapat membersihkan dan memodifikasi permukaan serat menjadi tegangan permukaan yang lebih rendah dan memperbaiki ikatan adhesi antara serat alam dan matriks polimer (Bledzki dan Gassan, 1999). Razera dan Frollini (2004) menyatakan bahwa komposit berpenguat serat jute yang diberi perlakuan alkali 5% efektif menurunkan *water absorption* dan meningkatkan sifat mekanis komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh perlakuan alkali dan susunan serat terhadap *water absorption* dan kekuatan bending pada komposit *hybrid* berpenguat serat agel tenun dan serat gelas.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain serat agel tenun yang diperoleh dari Jogjavanesia Handycraft Yogyakarta. Sementara serat gelas E-200, resin poliester tak jenuh Yukalac 157 BQTN-EX dan katalis *methyl ethyl ketone peroxide* (MEKP) diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Semarang. Perbandingan resin dan katalis adalah 100:1.(w/w) Perlakuan alkali meliputi serat agel tenun direndam dalam larutan 4% NaOH selama 1 jam pada temperatur ruang, dicuci dengan air mengalir, dan dikeringkan di udara terbuka selama 48 jam. Proses manufaktur komposit *hybrid* menggunakan teknik *vacuum bagging* pada tekanan hisap 70 cmHg dengan memvariasikan susunan serat penguat yang terdiri dari 4 serat agel tenun dan 3 serat gelas, seperti ditampilkan pada Gambar 1. Dimensi spesimen uji *water absorption* dan bending ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Susunan serat komposit hybrid

### 2.2 Uji *water absorption*

Spesimen uji *water absorption* berdasarkan standar ASTM D 570, seperti terlihat pada Gambar 2. Sebelum dimasukkan ke dalam *waterbath*, spesimen dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 1 jam untuk mengurangi kandungan air yang terdapat dalam spesimen. Perendaman dilakukan dalam larutan 3,5% NaCl selama 1080 jam (45 hari) pada temperatur ruang. Proses penimbangan spesimen menggunakan timbangan digital dengan tingkat akurasi 1 mg. Prosentase kadar air ( $M_t$ ) dihitung menggunakan persamaan (Dhakal dkk., 2007):

$$M_t = \frac{(m_t - m_o)}{m_o} \times 100\% \quad (1)$$

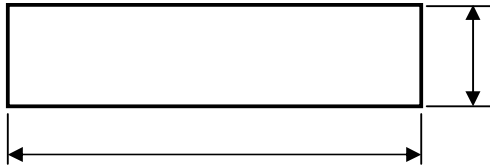
dengan  $m_o$  dan  $m_t$  adalah berat spesimen sebelum dan setelah perendaman (g).

Pertambahan berat dari proses penyerapan air dapat dinyatakan dengan menggunakan dua parameter, yaitu koefisien difusi dan kadar air dalam kesetimbangan. Kadar air dalam kesetimbangan

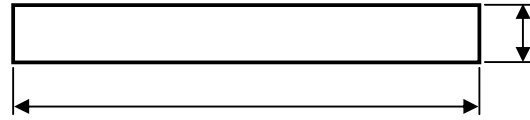
dihitung ketika prosentase kadar air ( $M_t$ ) tidak bertambah secara signifikan terhadap waktu ( $t$ ) perendaman. Difusi air dalam media komposit dapat diketahui menggunakan aliran *steady state* Fick dengan menerapkan persamaan berikut (Mohan dan Kanny, 2011):

$$\frac{M_t}{M_{\infty}} = \frac{4\sqrt{Dt}}{d\sqrt{\pi}} \quad (2)$$

Dengan  $D$  adalah koefisien difusi ( $m^2/s$ ),  $M_{\infty}$  adalah kadar air dalam kesetimbangan (%) dan  $d$  adalah tebal spesimen (m).



Gambar 2. Spesimen uji water absorption berdasarkan ASTM D 570



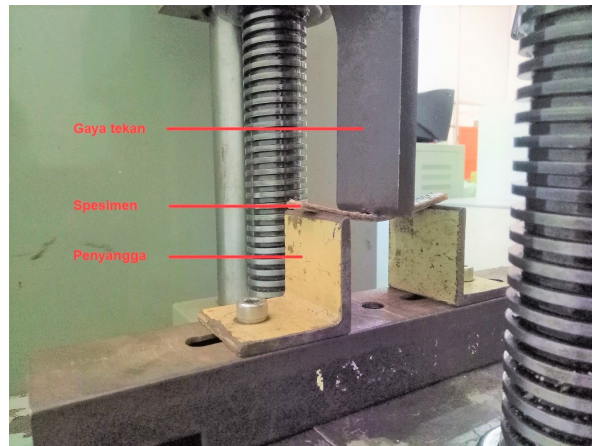
Gambar 3. Spesimen uji bending berdasarkan ASTM D 790

### 2.3 Uji bending

Spesimen uji bending berdasarkan standar ASTM D 790, seperti terlihat pada Gambar 3. Uji bending menggunakan mesin Torsee's Universal dengan metoda *three-point bending* dengan kecepatan 5 mm/menit, seperti terlihat pada Gambar 4. Uji bending dilakukan sebelum dan setelah perendaman untuk mengetahui pengaruh *water absorption* terhadap kekuatan bending komposit hybrid. Uji bending setelah perendaman dilakukan dalam kondisi kering (*dry*) dengan memanaskan specimen dalam oven pada temperatur 105 °C selama 1 jam sebelum dilakukan pengujian. Kekuatan bending ( $\sigma_b$ ) dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

dengan  $P$  adalah gaya tekan (N),  $L$  adalah panjang penyangga (m),  $b$  dan  $d$  adalah lebar dan tebal spesimen (m).

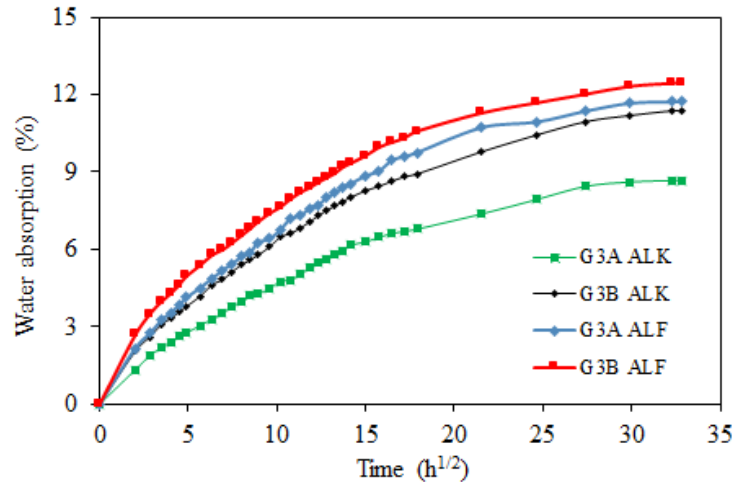


Gambar 4. Skema uji bending

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji *water absorption*

Proses penyerapan air oleh komposit *hybrid* setelah diberi perlakuan *hygrothermal* ditampilkan pada Gambar 5 yang menunjukkan perbandingan penyerapan air terhadap akar kuadrat waktu perendaman komposit pada temperatur ruangan. Pengukuran temperatur ruangan menggunakan *thermometer* diperoleh temperatur rata-rata harian 26°C. Penyerapan air meningkat dengan cepat pada awal perendaman untuk semua komposit *hybrid*. Prosentase kadar air ( $M_t$ ) bergerak secara konstan terhadap akar kuadrat waktu pada awal perendaman dan cenderung menurun pada akhir perendaman. Hal ini merupakan indikasi bahwa pengujian ini mengikuti Hukum Fick, seperti penelitian yang dilakukan oleh Kusmono dkk. (2010).



Gambar 5. Pengaruh perlakuan alkali dan susunan serat terhadap *water absorption* komposit *hybrid*

Penyerapan air meningkat seiring dengan waktu perendaman pada semua komposit *hybrid*. Penyerapan air tertinggi diperoleh pada komposit *hybrid* tanpa perlakuan dengan serat agel tenun di permukaan. Sementara komposit *hybrid* yang diberi perlakuan alkali dengan serat gelas di permukaan mampu menahan penyerapan air ke dalam komposit. Perlakuan alkali pada serat agel tenun efektif menahan masuknya air ke dalam komposit. Terjadinya penurunan penyerapan air pada komposit yang diberi perlakuan alkali dipercaya sebagai akibat dari berkurangnya kandungan hemiselulosa dan lignin pada permukaan serat (Ishak dkk., 2014). Hemiselulosa dianggap sebagai komponen yang paling mudah menyerap air dibandingkan selulosa. Oleh karena itu dengan berkurangnya hemiselulosa pada permukaan serat akan mengurangi penyerapan air (Kushwaha dan Kumar, 2010).

Kadar air dalam kesetimbangan ( $M_{\infty}$ ) dan koefisien difusi ( $D$ ) komposit *hybrid* yang direndam dalam larutan 3,5% NaCl pada temperatur ruang selama 1080 hari disajikan pada Tabel 1. Kadar air dalam kesetimbangan dan koefisien difusi terendah diperoleh pada komposit *hybrid* yang diberi perlakuan alkali dengan serat gelas pada permukaan komposit (G3A ALK), masing-masing sebesar 8,67% dan  $5,74 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ . Sedangkan kadar air dalam kesetimbangan koefisien difusi tertinggi diperoleh pada komposit *hybrid* tanpa perlakuan dengan serat agel tenun di permukaan komposit (G3B ALF), masing-masing sebesar 12,48% dan  $10,47 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ .

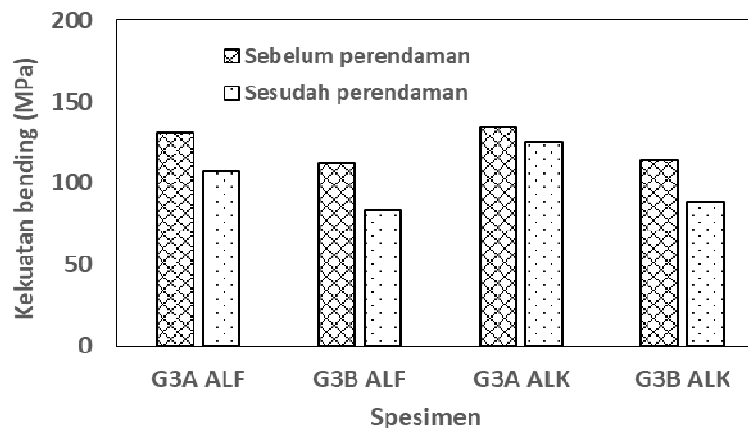
Tabel 1. Kadar air dalam kesetimbangan ( $M_{\infty}$ ) dan koefisien difusi ( $D$ ) komposit *hybrid*

Spesimen	$M_{\infty}$ (%)	$D$ ( $\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ )
G3A ALF	11,73	7,42
G3B ALF	12,48	10,47
G3A ALK	8,67	5,74
G3B ALK	11,37	6,69

Ilman dkk. (2018) melaporkan bahwa penempatan serat gelas di permukaan komposit *hybrid* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan sifat mekanis komposit *hybrid* serat agel/serat jute/serat gelas. Matriks resin selain berfungsi sebagai pengikat bahan penguat serat dan membantu mentransfer beban ke serat juga melindungi serat dari serangan yang berasal dari lingkungan sekitar (Dan-Mallam dkk., 2014). Tetapi karena komposit direndam secara terus menerus dalam cairan maka resin juga akan menyerap cairan dengan laju yang lebih rendah sehingga resin berpotensi mengalami retak halus (*micro-cracking*) dan cairan akan terserap oleh serat yang terdapat pada permukaan luar komposit (Dhakal dkk., 2007). Oleh karena itu, komposit dengan permukaan luar serat agel tenun memiliki kadar air dan koefisien difusi yang lebih tinggi dibandingkan komposit *hybrid* lainnya.

### 3.2 Uji bending

Uji bending yang dilakukan berjumlah 3 spesimen untuk setiap variasi specimen. Nilai rata-rata kekuatan bending ditampilkan pada Gambar 6. Hasil uji bending memperlihatkan bahwa kekuatan bending komposit *hybrid* setelah perendaman cenderung turun pada semua specimen. Penurunan kekuatan bending tertinggi terjadi pada komposit *hybrid* tanpa perlakuan dengan susunan serat agel tenun di permukaan (G3B ALF), yaitu sebesar 26%. Perendaman specimen dalam larutan 3,5% NaCl mengakibatkan cairan masuk ke dalam komposit dan merusak ikatan interfacial antara serat dengan matriks sehingga membentuk retakan pada matriks sehingga dapat menurunkan kekuatan *bending* komposit (Liao dkk., 1999).



Gambar 6. Pengaruh *water absorption* terhadap kekuatan bending komposit *hybrid*

Penurunan kekuatan bending pada komposit *hybrid* tanpa perlakuan lebih besar dibandingkan dengan komposit *hybrid* yang diberi perlakuan alkali. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali efektif menahan masuknya cairan ke dalam komposit. Mishra dkk. (2001) melaporkan bahwa perlakuan alkali dapat mengurangi sifat *hydrophilic* serat dan membersihkan permukaan serat. Kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposit *hybrid* yang diberi perlakuan alkali dengan susunan serat gelas pada permukaan (G3A ALK) sebelum perendaman, yaitu sebesar 135 MPa. Setelah perendaman, kekuatan bending tertinggi juga diperoleh pada komposit *hybrid* yang diberi perlakuan alkali dengan susunan serat gelas pada permukaan (G3A ALK), yaitu sebesar 125 MPa. Kekuatan bending komposit *hybrid* dengan susunan serat gelas di permukaan (G3A) lebih baik dibandingkan dengan serat agel tenun di permukaan serat (G3B).

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan alkali dengan susunan serat gelas pada permukaan specimen efektif menurunkan *water absorption* dan meningkatkan kekuatan bending komposit *hybrid* serat agel tenun dan serat gelas. Kadar air dalam kesetimbangan dan koefisien difusi terendah, masing-masing sebesar 8,67% dan  $5,74 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/s, sementara kekuatan bending sebelum dan setelah perendaman, masing-masing sebesar 135 MPa dan 125 MPa atau terjadi penurunan sekitar 7%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bledzki A.K., Faruk O., Sperber V. E., 2006, Cars from bio-fibres, *Macromolecular Materials and Engineering*, 291(5), 449–457.
- Bledzki A.K., Gassan J., 1999, Composites reinforced with cellulose based fibres, *Progress in Polymer Science*, 24, 221–74.
- Dan-Mallam Y., Abdullah M.Z., Yusoff P. S. M. M., 2014, The effect of hybridization on mechanical properties of woven kenaf fiber reinforced polyoxymethylene composites, *Polymer Composites*, 35, 1900–1910.
- Dhakal H.N., Zhang Z.Y., Richardson M.O.W., 2007, Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites, *Composites Science and Technology*, 67, 1674–1683.
- Hassan A., Salema A.A., Ani F.N., Bakar A.A., 2010, A review on oil palm empty fruit bunch fiber-reinforced polymer composite materials, *Polymer Composites*, 31, 2079 – 2101.
- Iliman K.A. Jamasri, Kusmono, Hestiawan H., 2018, Effect of stacking sequences and silane treatments on the mechanical properties of agel leaf/jute/glass fiber-reinforced hybrid composite, *Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*, 9(4), 311–329.
- Ishak Z.A.M., Ariawan D., Salim M.S. Mat Taiba R., Thirmizir M.Z.A., Phua Y.J., 2014, The effect of alkalization on the mechanical and water absorption properties of non-woven kenaf fiber/unsaturated-polyester composites produced by resin-transfer molding (RTM), *Proceeding of European Conference on Composite Materials 16<sup>th</sup>*, Spanyol.
- Kushwaha P.K., Kumar R., 2010, Studies on water absorption of bamboo-epoxy composites: Effect of silane treatment of mercerized bamboo, *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 1846-1852.
- Kusmono, Ishak Z.A.M., Chow W.S., Takeichi T., Rochmadi, 2010, Water absorption behavior of different types of organophilic montmorillonite-filled polyamide 6/polypropylene nanocomposites, *Polymer Composites*, 2010, 195-202.
- Liao K., Schultheisz C. R., Hunston D. L., 1999, Long-term environmental fatigue of pultruded glass-fiber-reinforced composites under flexural loading, *International Journal of Fatigue*, 21, 485–495.
- Mishra S., Misra M., Tripathy S.S., Nayak S.K., Mohanty A.K., 2001, Graft copolymerization of acrylonitrile on chemically modified sisal fibers, *Macromolecular Materials and Engineering*, 286(2), 107- 113.
- Mohan T.P, Kanny K., 2011, Water barrier properties of nanoclay filled sisal fibre reinforced epoxy composites, *Composites: Part A*, 42, 385–393.
- Nguong C. W., Lee S. N. B., Sujan D., 2013, A review on natural fibre reinforced polymer composites, *International Journal of Chemical, Nuclear, Metallurgical and Materials Engineering*, 7(1), 33 – 40.
- Razera I.A.T., Frollini E., 2004, Composites based on jute fibers and phenolic matrices: Properties of fibers and composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 91(2), 1077–1085.
- Silva R.V., Aquino E.M.F., Rodrigues L.P.S., Barros A.R.F., 2009, Curaua/glass hybrid composite: The effect of water aging on the mechanical properties, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 28(15), 1857-1868.
- Sreekala M.S., Thomas S., 2003, Effect of fibre surface modification on water-sorption characteristics of oil palm fibre, *Composites Science and Technology*, 63, 861–869.
- Zamri M.H., Akil H.M., Bakar A.A., Ishak Z.A.M., Cheng, L.W., 2012, Effect of water absorption on pultruded jute/glass fiber-reinforced unsaturated polyester hybrid composites, *Journal of Composite Materials*, 46, 51-61.