

Water absorption of polyester resin polymer composite reinforced woven agel fiber (*Corypha gebanga*) in various solution

Hendri Hestiawan¹, Jamasri², Kusmono²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Bengkulu 38371

²Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Email korespondensi: hestiawan@unib.ac.id

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan air pada komposit resin poliester berpenguat serat agel tenun (*Corypha gebanga*) yang direndam dalam air distilasi dan larutan 3,5% NaCl. Bahan yang digunakan adalah serat agel tenun, resin poliester tak jenuh Yukalac 157 BQTN, dan katalis metil etil keton peroksida (MEKP). Teknik pembuatannya menggunakan vacuum bagging dengan tekanan hisap 70 cmHg pada suhu ruangan. Spesimen uji penyerapan air berdasarkan standar ASTM D570 selama 1080 jam pada suhu kamar. Hasil uji penyerapan air menunjukkan bahwa komposit resin poliester berpenguat serat agel tenun yang direndam dalam air distilasi memiliki kemampuan menyerap air dan koefisien difusi yang lebih tinggi daripada yang direndam dalam larutan 3,5% NaCl. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat viskositas larutan mempengaruhi penyerapan air dan difusi.

Kata kunci: corypha gebanga, koefisien difusi, vacuum bagging, serat agel tenun, penyerapan air.

Abstract

This study aims to investigate the water absorption of polyester resin polymer composites reinforced woven agel fiber (*Corypha gebanga*) which are immersed in distilled water and 3.5% NaCl solution. The materials used are woven agel fiber, unsaturated polyester resin Yukalac 157 BQTN, and catalyst of methyl ethyl ketone peroxide (MEKP). Manufacturing techniques used vacuum bagging with a suction pressure of 70 cmHg at room temperature. The water absorption specimens based on ASTM D570 standards for 1080 hours at room temperature. The water absorption test results show that polyester resin polymer composite reinforced woven agel fiber immersed in distilled water have higher water absorption and diffusion coefficient than those immersed in a 3.5% NaCl solution. This shows that the viscosity level of the solution affects water absorption and diffusion.

Keywords: corypha gebanga, diffusion coefficient, vacuum bagging, woven agel fiber, water absorption.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat belakangan ini, telah mendorong para peneliti untuk mengaplikasikan material komposit pada berbagai macam aplikasi produk, mulai produk rumah tangga hingga produk pesawat antariksa. Pengembangan material komposit umumnya ditujukan untuk menggantikan penggunaan material logam yang semakin lama semakin berkurang ketersediaannya di bumi ini. Meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan memotivasi para peneliti untuk mempelajari komposit yang diperkuat serat alami sebagai pengganti bahan konvensional. Serat alami sebagai penguat dalam komposit adalah pilihan yang hemat biaya dengan keunggulan seperti kekuatan spesifik tinggi, ketersediaan yang luas, kemampuan terurai secara hayati dibandingkan dengan serat sintesis [1,2]. Komposit serat alam memiliki kekuatan spesifik tinggi. Namun karena sifatnya yang *hidrophilic* karena mengandung kelompok *hydroxyl*, serat alam cenderung memiliki ikatan *interfacial* lemah terhadap matrik, sehingga

dapat menurunkan sifat mekaniknya dan menyebabkan ketidakstabilan dimensi [3,4]. Kelemahan ini secara tidak langsung berakibat pada terbatasnya penggunaan komposit serat alam dalam jangka panjang untuk aplikasi di luar ruangan. Ketika komposit serat alam berada di lingkungan basah dalam jangka waktu lama maka komposit serat alam memiliki kecenderungan untuk menyerap uap air dari lingkungan sekitar sehingga akan menurunkan kekuatan komposit serat alam.

Tingkat penyerapan air komposit sangat tergantung pada ketahanan serat terhadap penyerapan air, reaksi antara air dengan matriks, komposisi kimia dan struktur mikro dari matriks polimer. Penetrasi cairan ke dalam material komposit terjadi akibat dari difusi molekul air ke dalam celah mikro antara rantai polimer, jalur kapiler ke dalam celah dan melemahnya ikatan *interfacial* antara serat dan polimer. Dari beberapa kajian pada komposit serat alam, difusi kelembaban dalam komposit polimer telah terbukti

diatur oleh tiga mekanisme berbeda. Mekanisme pertama melibatkan difusi molekul air ke dalam celah mikro antara rantai polimer. Mekanisme kedua melibatkan perpindahan kapiler ke dalam celah dan melemahkan ikatan *interfacial* antara serat dan matriks. Mekanisme ketiga menghasilkan alur cacat mikro dalam matriks yang timbul dari pembengkakan serat [5].

Berdasarkan mekanisme ini, perilaku penyerapan air dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis, antara lain (1) perilaku Fickian linier, di mana kenaikan penyerapan air secara bertahap mencapai kesetimbangan setelah kenaikan yang cepat pada awal perendaman; (2) perilaku pseudo-Fickian di mana kenaikan penyerapan air tidak pernah mencapai keseimbangan setelah perendaman awal; (3) proses difusi dua tahap dengan lompatan tiba-tiba dalam penyerapan air setelah perendaman awal; (4) penyerapan air yang cepat menyebabkan lepasnya ikatan serat/matriks (*debonding*) dan kerusakan pada matriks; dan (5) penyerapan air mengikuti tren penurunan setelah penyerapan awal [6]. Sejumlah kajian tentang perilaku *water absorption* komposit serat alam telah banyak dilaporkan. Kajian oleh Akil, et al. [7] menggunakan komposit *unsaturated polyester* berpenguat serat rami yang direndam dalam cairan yang berbeda, antara lain air suling, air laut dan larutan asam pada suhu kamar menunjukkan bahwa semua penyerapan air mengikuti perilaku pseudo-Fickian dan karenanya dapat diprediksi selama periode waktu tertentu. Perendaman komposit serat alam ke dalam air menghasilkan penurunan kekuatan dan modulus secara signifikan karena melemahnya ikatan *interfacial* antara serat dan matriks. Kajian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui *water absorption* komposit resin poliester tak jenuh berpenguat serat agel tenun dalam air distilasi dan larutan 3,5% NaCl.

2. Metode

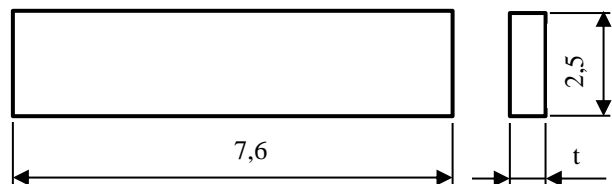
Bahan yang digunakan dalam kajian ini terdiri dari serat agel tenun yang diperoleh dari Jogjavanesia Handycraft Yogyakarta, resin poliester tak jenuh Yukalac 157 BQTN-EX dan katalis *Methyl ethyl ketone peroxide* (MEKP) dibeli dari PT. Justus Kimiaraya Semarang. Perbandingan resin poliester dan katalis 100 : 1 (v/v). Proses *manufacturing* cetakan komposit menggunakan teknik *vacuum bagging* pada tekanan hisap 70 cmHg (Gambar 1) dengan 7 lamina serat agel tenun.



Gambar 1. Cetakan vacuum bagging.

Uji Water Absorption

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM D 570 dengan ukuran panjang dan lebar spesimen tertentu, sedangkan ketebalan (*t*) disesuaikan dengan tebal komposit yang diperoleh, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesimen uji water absorption ASTM D 570.

Sebelum spesimen dimasukkan ke dalam cairan, spesimen dipanaskan dalam oven selama 1 jam pada temperatur 105°C. Cairan yang digunakan adalah air distilasi dan larutan 3,5% NaCl dan direndam pada suhu ruang selama 1080 jam. Penambahan berat diukur secara berkala menggunakan timbangan digital dengan akurasi 3 digit. Sebelum dilakukan penimbangan, spesimen yang diambil dari dalam oven harus dibersihkan permukaannya menggunakan kain kering untuk menghilangkan air atau uap air yang menempel di permukaan spesimen [8]. Persentase kadar air (*Mt*) dihitung menggunakan hubungan antara berat spesimen setelah waktu *t* (*Wt*) dan berat spesimen sebelum direndam (*Wo*) dengan satuan dalam gram melalui persamaan berikut:

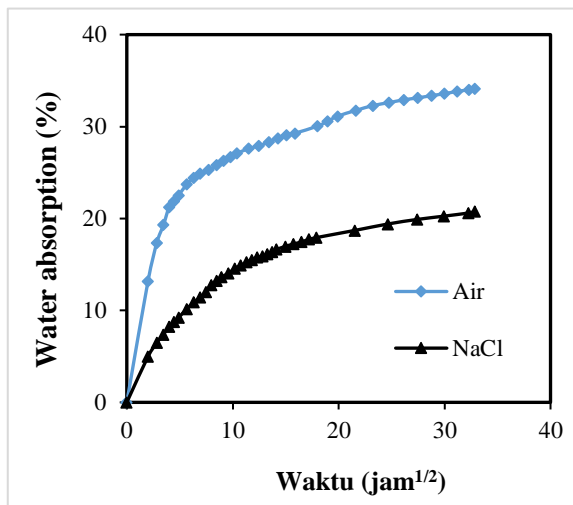
$$M_t = \frac{(W_t - W_0)}{W_n} \times 100\% \quad (1)$$

Persentase kadar air dalam keadaan kesetimbangan (Mm) dihitung ketika persentase kadar air (Mt) tidak bertambah secara signifikan terhadap waktu perendaman. Pertambahan berat dari proses penyerapan air dapat dinyatakan dengan menggunakan dua parameter, yaitu koefisien difusi (*diffusivity*) dan kadar air maksimum (Mm) dalam satuan (%) melalui hubungannya dengan koefisien difusi (D) dalam satuan (m²/s), waktu (t) dalam detik dan tebal spesimen (d) dalam milimeter (mm), menggunakan persamaan berikut [9].

$$M_t = M_m \left\{ 1 - \frac{8}{\pi^2} \exp \left[1 - \left(\frac{Dt}{d^2} \right) \pi^2 \right] \right\} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji *water absorption* komposit resin poliester berpenguat serat agel tenun ditampilkan pada Gambar 3. Pengambilan data berat spesimen pada hari pertama dilakukan setiap 4 jam. Hal ini dilakukan karena kenaikan berat spesimen berlangsung sangat cepat. Kemudian hari kedua dan selanjutnya secara berangsur-angsur pengambilan data dilakukan dengan jarak waktu yang lebih panjang. Pengukuran suhu ruangan menggunakan *thermometer* dan diperoleh suhu rata-rata harian sebesar 26°C.



Gambar 3. Pengaruh variasi cairan terhadap water absorption komposit berpengaruh serat agel tenun.

Penyerapan air meningkat dengan cepat pada awal perendaman untuk semua cairan. Persentase kadar air (Mt) bergerak secara konstan terhadap akar kuadrat waktu pada awal perendaman dan cenderung menurun pada akhir perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme yang terjadi mengikuti Hukum Fick, seperti kajian oleh Stevulova, et al. [10] dan Haameem, et al. [11]. Penyerapan air meningkat seiring dengan waktu perendaman pada semua cairan. Cairan menyerang selulosa serat dan memasuki ruang antara serat dan matriks resin, menyebabkan komposit mengembang. Penyerapan air tertinggi diperoleh pada spesimen komposit yang

direndam dalam air distilasi. Hal ini terjadi karena air memiliki tingkat kekentalan lebih rendah.

Kadar air maksimum (Mm) dan koefisien difusi (D) spesimen komposit yang direndam dalam air distilasi dan larutan 3,5% NaCl selama 1080 hari disajikan pada Tabel 1. Kadar air maksimum dan koefisien difusi terendah diperoleh pada spesimen komposit yang direndam dalam larutan NaCl, masing-masing sebesar 20,76% dan 20,15 x 10⁻¹² m²/s. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen komposit mampu menahan masuknya larutan NaCl yang lebih baik dibandingkan air distilasi. Hasil yang sama diperoleh dari kajian oleh Yousif, et al. [12] yang melaporkan bahwa serat kenaf menyerap air lebih banyak dibandingkan air laut.

Tabel 1. Kadar air maksimum (Mm) dan koefisien difusi (D) komposit berpenguat serat agel tenun.

Cairan	Mm (%)	D (x10 ⁻¹² m ² /s)
Air	34,10	51,93
NaCl	20,76	20,15

4. Kesimpulan

Hasil uji *water absorption* menunjukkan bahwa komposit resin polimer polyester berpenguat serat agel tenun yang direndam dalam air distilasi memiliki kemampuan menyerap air dan koefisien difusi yang lebih tinggi daripada yang direndam dalam larutan 3,5% NaCl.

Daftar Pustaka

- [1] Li, Q. and Matuana, L.M., 2003. Surface of cellulosic materials modified with functionalized polyethylene coupling agents. *Journal of Applied Polymer Science* 88, 278–286.
- [2] Malkapuram, R. et al., 2008. Recent development in natural fibre reinforced polypropylene composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 28, 1169–1189.
- [3] Stark, N., 2001. Influence of moisture absorption on mechanical properties of wood flour–polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composites Materials* 14, 421–432.
- [4] Shenoy, M.A. and D’Melo, D.J., 2009. Effect of water on mechanical properties of unsaturated polyester–acetylated hydro-xypropyl guar gum composites. *Journal of Reinforced Plastic Composite* 28, 2561–2576.
- [5] Dhakal H.N. et al., 2007. Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology* 67, 1674–1683.
- [6] Ben Daly, H. et al., 2007. Investigation of water absorption in pultruded composites containing

- fillers and low profile additives. *Polymer Composites* 28, 355–364.
- [7] Akil, H.M. et al., 2009. Water absorption study on pultruded jute fibre reinforced unsaturated polyester composites, *Composites Science and Technology* 69, 1942–1948.
- [8] Maslinda, A. B. et al., 2017. Effect of water absorption on the mechanical properties of hybrid interwoven cellulosic-cellulosic fibre reinforced epoxy composites. *Composite Structures* 167, 227-237.
- [9] Golovoy, A. et al., 1988. Hydrolisis of polycarbonate/polybutylene terephthalate blend. *Polymer Engineering and Science* 28, 200-206.
- [10] Stevulova, N. et al., 2015. Water absorption behavior of hemp hurds composites. *Materials* 8, 2243-2257.
- [11] Haameem, M.J.A. et al., 2016. Effects of water absorption on napier grass fibre/polyester composites. *Composite Structures* 144, 138–146.
- [12] Yousif, B.F. et al., 2012. Characteristics of kenaf fiber immersed in different solutions, *Journal of Natural Fibers* 9, 207–218.