

INTISARI

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong kebutuhan material yang kuat sekaligus ringan untuk mendukung efisiensi berbagai aplikasi. Material komposit menjadi solusi dengan menggabungkan sifat mekanis dan fisik unggul dari komponennya. Namun, penggunaan komposit berbasis serat sintetis menimbulkan masalah lingkungan berupa limbah yang sulit terurai dan didaur ulang. Oleh karena itu, fokus penelitian beralih pada serat alami seperti bambu yang ramah lingkungan, ringan, dan ekonomis. Meski demikian, serat alami memiliki kelemahan seperti adhesi yang lemah dengan matriks, penyerapan kelembapan tinggi, dan ketahanan kimia terbatas. Untuk mengatasi hal ini, pengembangan komposit hibrida yang menggabungkan serat bambu dan serat kaca dianggap solusi strategis, memadukan keunggulan kedua jenis serat guna menghasilkan material kuat, ringan, dan tahan lingkungan.

Penelitian ini mengevaluasi efek penuaan higrotermal jangka panjang pada sifat fisik dan mekanis komposit bambu-GFRP yang dibuat dengan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI) dan *stacking sequence*. Pengujian meliputi karakterisasi densitas, fraksi volume, kekuatan tarik, lentur, dan kekerasan sebelum dan setelah perendaman pada suhu 28.5 °C, 50 °C, dan 75 °C selama hingga 90 hari. Pengamatan mikroskopis dan FTIR dilakukan untuk memahami perubahan mikrostruktur dan interaksi kimia di antarmuka serat-matriks. Hasil menunjukkan bahwa susunan lapisan dengan serat kaca di permukaan luar GBBG memberikan ketahanan terbaik terhadap degradasi akibat kelembapan dan suhu tinggi.

Penambahan serat kaca pada komposit bambu secara signifikan meningkatkan kekuatan mekanis, terutama pada *stacking sequence* GBBG yang menempatkan serat kaca di lapisan luar dan serat bambu di dalam. Konfigurasi ini menghasilkan kekuatan tarik dan lentur yang lebih tinggi dibandingkan susunan BGGG, karena posisi serat kaca yang lebih efektif melindungi serat bambu dari pengaruh kelembapan dan suhu tinggi. Selain itu, peningkatan suhu *ageing* mempercepat penyerapan kelembapan, terutama pada komposit yang mengandung serat bambu yang bersifat hidrofilik, sehingga merusak ikatan antara serat dan matriks serta menurunkan kekuatan mekanis. Komposit GBBG menunjukkan ketahanan mekanik yang lebih baik dan penurunan kekuatan yang lebih lambat

dibandingkan BGGB selama proses penuaan higrotermal. Oleh karena itu, pemilihan urutan susunan lapisan yang tepat, seperti GBBG, sangat penting untuk meningkatkan durabilitas dan ketahanan komposit terhadap kondisi lingkungan ekstrem berupa suhu dan kelembaban tinggi.

Kata Kunci : serat alami, serat bambu, komposit hibrida, penuaan *hygrothermal*, *stacking sequence*, keberlanjutan.

ABSTRACT

The advancement of science and technology drives the need for materials that are both strong and lightweight to support efficiency in various applications. Composite materials provide a solution by combining superior mechanical and physical properties of their components. However, the use of composites based on synthetic fibers raises environmental concerns due to waste that is difficult to decompose and recycle. Therefore, research focus has shifted toward natural fibers such as bamboo, which are environmentally friendly, lightweight, and economical. Nevertheless, natural fibers have limitations including poor adhesion with the matrix, high moisture absorption, and limited chemical resistance. To overcome these issues, the development of hybrid composites combining bamboo fibers and glass fibers (GFRP) is considered a strategic solution, leveraging the advantages of both fiber types to produce materials that are strong, lightweight, and environmentally durable.

This study evaluates the effects of long-term hygrothermal aging on the physical and mechanical properties of bamboo-GFRP composites fabricated using the Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) method and various stacking sequences. Testing includes characterization of density, volume fraction, tensile strength, flexural strength, and hardness before and after immersion at temperatures of 28.5 °C, 50 °C, and 75 °C for up to 90 days. Microscopic observation and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) were conducted to understand microstructural changes and chemical interactions at the fiber-matrix interface. Results indicate that the stacking sequence with glass fiber on the outer layer (GBBG) provides the best resistance against degradation caused by moisture and high temperature.

The addition of glass fiber to bamboo composites significantly improves mechanical strength, particularly in the GBBG stacking sequence where glass fiber is placed on the outer layer and bamboo fiber inside. This configuration yields higher tensile and flexural strength compared to the BGGB arrangement, as the glass fiber layer more effectively protects the bamboo fiber from moisture and high temperature exposure. Furthermore, increased aging temperature accelerates

moisture absorption, especially in composites containing hydrophilic bamboo fibers, damaging fiber-matrix bonds and reducing mechanical strength. The GBBG composite shows better mechanical durability and slower strength degradation compared to BGGB during hygrothermal aging. Therefore, selecting the appropriate stacking sequence, such as GBBG, is critical to enhancing the durability and resistance of composites under extreme environmental conditions of temperature and humidity.

Keywords : natural fiber, bamboo fiber, hybrid composite, hygrothermal ageing, stacking sequence, sustainability.