



INTISARI

Penggunaan nanopartikel sintetis sebagai penguat komposit tidak terlepas dari isu lingkungan akibat sifatnya yang sulit terurai. *Carbon nanotube* (CNT) merupakan salah satu nanopartikel sintetis yang terbukti mampu meningkatkan kekuatan dari matriks polimer. Mahal dan terbatasnya penguat sintetis mendorong pemanfaatan nanoselulosa sebagai alternatif penguat komposit yang ramah lingkungan dan melimpah ketersediaannya di alam. Perkembangan lebih lanjut dalam bidang komposit adalah dengan mengombinasikan CNT dan *cellulose nanocrystal* (CNC) untuk menghasilkan komposit hibrid yang berpotensi memiliki sifat lebih unggul dibandingkan penggunaan penguat tunggal. Nanoselulosa seperti CNC memiliki sifat hidrofilik yang menyebabkan ikatannya dengan matriks polimer hidrofobik relatif lemah. Upaya untuk meningkatkan kompatibilitas CNC dengan matriks polimer hidrofobik yaitu dengan modifikasi asetilasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakterisasi CNC terasetilasi (ACNC). Selain itu, pengaruh kandungan CNT dan ACNC terhadap karakteristik dan sifat mekanis komposit hibrid epoksi/CNT/ACNC dipelajari.

Pada penelitian ini digunakan epoksi sebagai matriks serta CNT dan ACNC sebagai nanopartikel penguat. Penelitian dilakukan dengan tiga tahap. Tahap pertama, modifikasi asetilasi CNC. Tahap kedua, komposit epoksi/CNT dengan variasi CNT (0; 0,02; 0,05; 0,1; dan 0,2 wt%) dibuat dengan menggunakan metode *solution casting*. Tahap ketiga, komposit hibrid epoksi/CNT/ACNC dibuat dengan 0,02 wt% CNT dan variasi ACNC (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 1 wt%). CNC dan ACNC dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD, sedangkan komposit dikarakterisasi menggunakan *wettability* dan konduktivitas listrik. Sifat mekanis komposit hibrid epoksi/CNT/ACNC ditentukan dengan uji tarik, lentur, dan kekerasan.

Hasil FT-IR menunjukkan keberhasilan asetilasi dengan munculnya puncak 1735, 1365, dan 1234 cm^{-1} . Komposit hibrid dengan kandungan 0,3 wt% ACNC memiliki sifat paling hidrofobik, ditandai dengan kenaikan sudut kontak sebesar 36,41% dari 77,58° menjadi 105,83°. Konduktivitas listrik optimum dicapai pada kandungan 0,2 wt% CNT. Pada sifat mekanis, kekuatan tarik tertinggi dicapai epoksi murni, namun kandungan 0,05 wt% CNT masih memiliki kekuatan tertinggi di antara variasi kandungan penguat lainnya. Modulus elastisitas tarik meningkat 6,88% pada kandungan 0,02 wt% CNT, sedangkan kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur meningkat masing-masing 50,14% dan 70,49% pada konsentrasi sama. Kekerasan optimum dicapai pada kandungan 0,05 wt% CNT dengan kenaikan 8,45%.

Kata kunci: modifikasi asetilasi, *carbon nanotube*, *cellulose nanocrystal*, epoksi



ABSTRACT

The utilization of synthetic nanoparticles as composite reinforcements is often associated with environmental concerns due to their non-biodegradable nature. Carbon nanotubes (CNT) are one of the synthetic nanoparticles that has been proven to increase the strength of polymer matrix. The high cost and limited availability of synthetic reinforcements have driven interest toward nanocellulose as an alternative, given its environmentally friendly characteristics and abundant natural availability. A more advanced approach in composite development involves combining CNT and cellulose nanocrystals (CNC) to produce hybrid composites that potentially exhibit superior properties compared to those reinforced with a single filler. Nanocellulose such as CNC has hydrophilic properties which causes its bond with the hydrophobic polymer matrix to be relatively weak. Efforts to improve the compatibility of CNC with hydrophobic polymer matrix involve acetylation modification. This research aims to examine the characterization of acetylated CNC (ACNC). In addition, the effect of CNT and ACNC content on the characteristics and mechanical properties of epoxy/CNT/ACNC hybrid composites was studied.

In this research, epoxy was used as the matrix, while CNT and ACNC served as reinforcing nanoparticles. The research was conducted in three stages. The first stage, acetylation modification of CNC. The second stage involved the fabricating of epoxy/CNT composites with varying CNT contents (0; 0.02; 0.05; 0.1; and 0.2 wt%) using the solution casting method. The third stage involved the fabricating of epoxy/CNT/ACNC hybrid composites with 0.02 wt% CNT and varying ACNC contents (0.1; 0.3; 0.5; 0.7; and 1 wt%). CNC and ACNC were characterized using FT-IR and XRD, while the composites were characterized in terms of wettability and electrical conductivity. The mechanical properties of the epoxy/CNT/ACNC hybrid composite were determined by tensile, flexural, and hardness tests.

The FT-IR results indicate the success of acetylation with the appearance of peaks at 1735, 1365, and 1234 cm^{-1} . The hybrid composite containing 0.3 wt% ACNC exhibits the most hydrophobic properties, as indicated by a 36.41% increase in contact angle from 77,58° to 105,83°. Optimum electrical conductivity was achieved at 0.2 wt% CNT. In terms of mechanical properties, the highest tensile strength was obtained by neat epoxy, although the composite with 0.05 wt% CNT still had the highest strength among the other reinforcement content variations. The tensile elastic modulus increased by 6.88% at 0.02 wt% CNT, while the flexural strength and flexural elastic modulus improved by 50.14% and 70.49%, respectively, at the same concentration. The optimum hardness was achieved at 0.05 wt% CNT with an increase of 8.45%.

Keywords: acetylation modification, carbon nanotube, cellulose nanocrystal, epoxy